

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**A fitolitok szerepe a geoarchaeológiai minták
értékelésében**

PERSAITS GERGŐ

TÉMAVEZETŐ:

DSc. Habil. SÜMEGI PÁL

tanszékvezető egyetemi docens



SZTE TTIK FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK

SZEGED

2010

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. FITOLITOK SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A RÉGÉSZETI GEOLÓGIAI ÉS A KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KUTATÁSOKBAN.....	6
2.1. A fitolit fogalma, képződése, felhalmozódása, élettani szerepe.....	6
2.2. A fitolitikutatás rövid története.....	7
2.3. Fitolit nevezéktan és klasszifikáció	11
2.4. Fitolitok alkalmazása a régészeti geológiai és környezettörténeti kutatásokban Magyarországon.....	14
3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK.....	17
3.1. Terepi mintavétel és a minták tárolása	17
3.2. Minták laboratóriumi feltárása – fitolit extrakció	23
3.3. Feltárt minták előkészítése, fitolitok számlálása, határozása.....	27
3.4. Felhasznált szoftverek	28
4. VIZSGÁLATI LELŐHELYEK LEÍRÁSA	28
4.1. Katymári téglavetőben található löszszelvény lelőhelyének leírása.....	29
4.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás lelőhelyének leírása	31
4.3. A Tóközben mélyített fúrások lelőhelyének leírása	33
4.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található vizsgálati lelőhelyek bemutatása	36
4.5. A solti Tételhegy lelőhelyeinek bemutatása	38
4.6. Az Apostag határában lévő lelőhely bemutatása.....	40
4.7. Az M0 autópálya déli szektorának lelőhelyei (Ecser, Üllő)	42
4.8. A Kemenespálfa - Zsombékos lelőhely bemutatása.....	43
4.9. A hollandiai Swifterbant melletti neolitikus lelőhely bemutatása.....	45
5. FITOLITVIZSGÁLATI EREDMÉNYEK.....	47
5.1. Katymári löszszelvény fitolitvizsgálati eredménye	47
5.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás fitolitvizsgálati eredménye.....	50
5.3. A Tóközben mélyített fúrásokból származó minták vizsgálatainak eredménye	53
5.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található lelőhelyeken végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása.....	58
5.5. A solti Tételhegy lelőhelyről származó minták vizsgálati eredménye.....	63
5.6. Az apostagi szarmata kemence fitolitvizsgálati eredménye	73

5.7. Az M0 autópálya déli szektorának lelőhelyeiről (Ecser, Üllő)	
származó minták vizsgálatának eredménye.....	75
5.8. A Kemenespálfa-Zsombékos lelőhelyről előkerült malomkövek	
és őrlőkövek fitolitelemzésének bemutatása.....	81
5.9. A hollandiai Swifterbant melletti neolitikus lelőhelyről	
származó minták fitolitvizsgálatának eredményei.....	82
6. FITOLITVIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE	90
6.1. A katymári löszszelvény fitolitvizsgálati eredményének értékelése	90
6.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás fitolitelemzésének értékelése	92
6.3. A tóközi fúrások fitolitelemzéseinek értékelése	93
6.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található	
lelőhelyek fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése.....	94
6.5. A Tételhegyről származó minták fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése	95
6.6. Az apostagi szarmata kemence fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése.....	97
6.7. Az M0 autópálya déli szektorának lelőhelyeiről (Ecser, Üllő)	
származó mintákon végzett fitolitelemzés értékelése.....	99
6.8. A Kemenespálfa-Zsombékos lelőhelyről előkerült malom- és őrlőkövek	
vizsgálati eredményeinek értékelése	101
6.9. A hollandiai Swifterbant neolitikus lelőhely mintáinak	
fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése	102
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	103
8. SUMMARY.....	105
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	108
10. FELHASZNÁLT IRODALOM.....	110
11. MELLÉKLETEK	121

„és minden csak
kérdésekből és
kérdésekből és
kérdésekből
áll.”

(R.- F. Eduardo: XXIV)

1. BEVEZETÉS

Ma már senki sem vitatja, hogy egy olyan globális környezeti válság kapujában élünk, mely alapjaiban veszélyezteti az élet sokféleségét, minőségét, méltóságát és az egész emberiség fennmaradását. A környezeti válság nem az egyedüli probléma a XXI. század kezdetén, de biztosan állítható, hogy az egész bioszférában és a társadalmi élet minden területén érezteti/éreztetetheti hatását. A környezeti problémák megoldása, vagy legalább enyhítése csak úgy valósítható meg, ha az egyének, embercsoportok és szervezetek viselkedésükben megváltoznak. Természetesen ez egy igen összetett folyamat, melyben változás szükséges mind a törvényi szabályozásokban, a társadalmi folyamatokban, az ismeretterjesztés területén, valamint az értékekben és alapvető meggyőződésekben (Takács-Sánta 2007). A különböző társadalmi csoportoknak, egyéneknek viszont a változásokhoz hosszú távon is követhető példákra, modellekre van szüksége (Diamond 1992, 1997, 2005). Mivel az emberi közösségek egy - egy generációja ritkán szembesül a környezetében az általa okozott változásokkal, ezért az őslénytani, geológiai vizsgálatok, különösen régészeti lelőhelyek feldolgozása esetében, igen jó esélyt nyújtanak ahhoz, hogy az ember által okozott környezeti változásokat hosszú távon rekonstruálni és modellezni lehessen. Így a XXI. század kezdetén a társadalom már a régészeti geológiai vizsgálatok, adatok és modellek nyomán szembesülhet a fejlődésének következményeivel és árával.

Ennek ellenére az ember és környezete közti feszültség sosem volt akkora, mint napjainkban, amikor például a gerinces fajok közel egyharmada került a kihalás szélére (Élő bolygó index: World Wide Fund jelentése 2008). Ez különösen szomorú annak fényében, hogy az ember és környezete meglehetősen hosszú, összetett és sokrétű kapcsolata során az ipari civilizáció megjelenéséig sosem volt ilyen mértékű az ember és környezet közti elidegenedés. A XIX. század végétől a környezeti válság elmélyült, annak ellenére, hogy számos helyről érkeznek a figyelmeztető kiáltások (például Római Klub jelentései, Meadows et al. 1972) – szinte eredménytelenül. Mégis, a katasztrófába vezető útról vissza kell találni arra, mely visszavezet a természet vég nélküli kizsákmányolásától a természettel való harmonikus együttélés lehetőségéhez, a fenntartható fejlődéshez (ENSZ Brundtland-jelentése, Brundtland 1987).

Ezen elképzelés alapján egyetlen gazdasági, társadalmi döntést sem szabad meghozni alapos megfontolás nélkül. A rendelkezésre álló tények, adatok ismerete nélkülözhetetlen. A jövő stratégiáinak igen széles alapokon kell nyugodnia, ahol fontos szerepe van a múlt ismeretének, melybe nem csak az emberiség múltja, de egész bolygónk történetének, különösen a jelenkort is magába foglaló negyedidőszaki változásoknak (Sümei 2001) bele kell tartoznia. A múlt ismeretéből leszűrt tapasztalatok, valamint a múlt eseményei során felhalmozott tudás megőrzése nélkülözhetetlen a jövőnkéről való gondolkodás során. A természettel való harmonikus együttélés példáit az emberiség múltjában is lehet – sőt, kell is – keresni, mert több olyan civilizációt is ismerünk, amely több ezer éven keresztül fennmaradhatott anélkül, hogy környezeti kollapszust okozott volna (Indus – völgyi Harrapa kultúra), és természetesen ismerünk több olyan civilizációt, amely olyan mértékig átalakította környezetét, amely révén létalapját omlasztotta össze (pl.: Angkor).

Az ember és környezete kapcsolatának megismerésében több tudományterület eredményei is kiválóan felhasználhatóak, azonban minél távolabbi múltat vizsgálunk, annál kevesebb információ áll rendelkezésre (pl.: írott források hiánya). Ezzel együtt egyre változatosabb, egyre nagyobb csapatmunkát igénylő kutatási módszereket kell alkalmazni. Ha egy nagyon összetett és komplex rendszert kívánunk mind alaposabban feltárni, több kutatási módszerre, megközelítésre is szükség van. Különböző tudományterületek bevonása mellett kiemelkedően fontos lehet az úgynevezett határtudományok szerepe is.

Az egykor élt emberek és környezetük kapcsolata gyakran régészeti lelőhelyeken vagy különböző üledékgyűjtő helyekről származó minták vizsgálataival válnak nyomozhatóvá. A régészeti lelőhelyek ilyen irányú tudományos vizsgálatai már a XVIII. század folyamán elkezdődtek. Charles Lyell 1863-ban jelentette meg „The Geological Evidence of the Antiquity of Man” (Lyell 1863) című könyvét, ami egyben a geoarcheológia, avagy a régészeti geológia tudományának egyik ismeretelméleti gyökerét jelenti (Sümei 2003).

A régészeti geológia (más néven környezetrégészet) és a történeti ökológia (környezettörténeti kutatás) az ember és környezete kapcsolatát kutatja. „Tágabb értelemben az egykor élt emberek, közösségek környezetének, a természetes környezet változásának, illetve az ember által okozott környezeti változásoknak a rekonstrukciójával foglalkozó tudományágak” (Sümei 2003). A régészeti geológiai és a történeti ökológiai kutatások legfontosabb eltérése a vizsgált lelőhelycsoportokban mutatkozik. Míg előbbi az egykori emberi megtelepedési pontokat illetve azok szűk környezetét vizsgálja, addig utóbbi a megtelepedési pontoktól távolabb található üledékgyűjtő rendszereket von vizsgálat alá (Sümei 2003). Természetesen lehetőség szerint mind a régészeti geológiai, mind pedig a

történeti ökológiai vizsgálatokra szükség van a legpontosabb következtetések levonásához, de adott esetben egymástól függetlenül is elvégezhetőek.

A régészeti geológia és a történeti ökológia eszköztára igen széles. Felhasználja elsősorban a geomorfológiai, geológiai, őslénytani, archeobotanikai és archeozoológiai módszereket (Sümegi 2003). Ebben az összetett munkában a geológiai és őslénytani vizsgálati módszereknek kiemelt jelentősége van.

Doktori értekezésemben a fitolitkutatásban rejlő lehetőséget vizsgálom különböző régészeti lelőhelyekről és üledékgyűjtő medencékből származó mintákon. A fitolitok olyan mikroszkópikus méretű növényi opálszemcsék, melyek jellemzően a növények bőrszövetében képződnek, mégpedig úgy, hogy az adott növényre jellemző formát vesznek fel. Így a fitolitok alapján, a növény szövetek lebomlása után is következtetni lehet az egykor ott élt növényre. Óriási előnye, hogy igen extrém körülmények között (száraz üledék, fogakra vagy éppen edényekre tapadva) is hosszútávon megőrződik. A fitolitok kutatása azonban még messze nem tekinthető teljesnek, különösen hazánkban.

Milyen módszerekkel lehet a növényi opalitokat feltárni különböző beágyazódású régészeti objektumokból, használati eszközökről? Milyen adatokkal, információkkal szolgálnak ezek az egykori környezetre vonatkozóan? Mennyire egyeztethető össze a fitolitok alapján rekonstruált kép az egyéb módszerek (pl.: pollenelemzés, malakológiai vizsgálatok, geokémiai vizsgálatok) alapján kirajzolódó környezeti/természeti viszonyokról? A különböző típusú üledékek, hordozó anyagok közül melyekben lehet a legjobb eredménnyel kinyerni és meghatározni a bennük rejlő fitolitokat?

Mielőtt kitérnék a konkrét vizsgálatokra, érdemes röviden áttekinteni a fitolit fogalmát, és a hozzá kapcsolódó tudomány történetét.

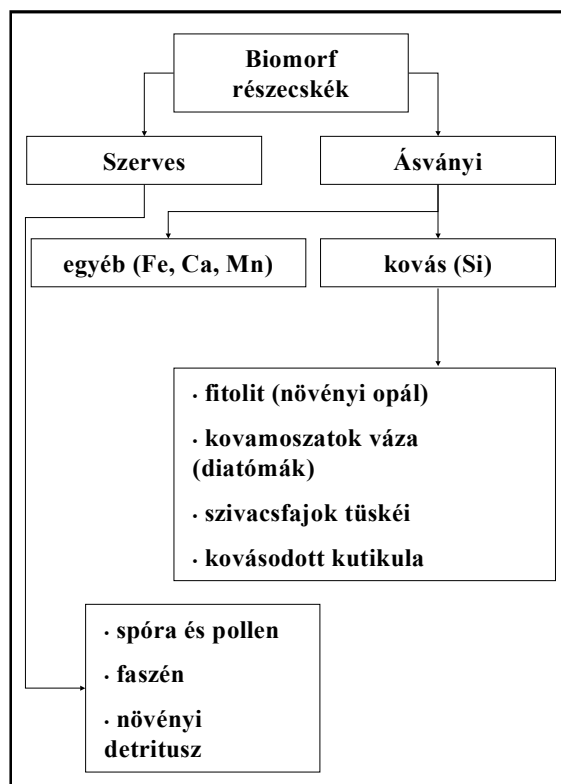
2. FITOLITOK SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A RÉGÉSZETI GEOLÓGIAI ÉS A KÖRNYEZETTÖRTÉNETI KUTATÁSOKBAN

A fitolitkutatás a paleobotanika igen dinamikusan fejlődő területeinek egyike. Hazánkban a fitolitkutatás eredményeinek alkalmazása nem tekinthető bevett gyakorlatnak, sőt magáról a fitolitokról is nagyon kevés információ áll rendelkezésre, gyakran még szakemberek körében is. Így ebben fejezetben áttekintem a legfontosabb ismereteket a fitolitokról, valamint azok alkalmazási lehetőségeit és a tudományterülethez kapcsolódó kutatástörténetet, megjegyezve, hogy ma már igen terjedelmes irodalom áll rendelkezésére a kutatóknak, így az ide vonatkozó szakirodalom részletekben való ismertetése meghaladja a disszertáció kereteit.

2.1. A fitolit fogalma, képződése, felhalmozódása, élettani szerepe

A fitolit elnevezés a görög eredetű *phyto* (növény) és *lithos* (kő) szavakból származik. Jelentése a szemcsék növényi eredetére utal. A fitolit (phytolith) elnevezésen kívül több szinonimája is ismert mind a magyar, mind az angol nyelvben (pl.: biogén opál, növényi opál/opalit, stb). A fitolit tehát nem más, mint minden esetben élő növény szövetében, a növény életműködése során keletkező optikailag izotróp anyag, melynek anyaga nagyrészt amorf, hidratált kvarc ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$), de nyomokban egyéb elemeket is tartalmazhat (pl.: alumínium, vas, foszfor, szén). Kristályvíz tartalma 4-9%. Fajsúlya $1,5\text{-}2,3 \text{ g/cm}^3$ között változhat, míg színe a színtelentől, a halványszürkéstől a rózsaszínen át, egészen a sárgás árnyalatig terjed. Mérete 5-200 mikron között jellemző, tipikus mérettartománya 10-30 mikron közötti.

Fitolitok alatt csak az előbb felsoroltaknak megfelelő részecskéket értjük, egyéb növényi sejt zárványok (pl.: kalcium-oxalát) nem tartoznak ide (Jones-Beavers 1963, Piperno 1988, Piperno 2006). A fitolitok leggyakoribb előfordulása a földkéreg legkülső, termékeny rétegében, a talajban található. A talaj biológiai eredetű mikromaradványai között az ásványi, kovás biomorf részecskék csoportját (1. ábra) alkotják (Golyeva 2001), azaz a tágabb értelemben vett biolitok (Matichencov és Bocharnikova 2001).



1. ábra. A talaj biológiai eredetű mikromaradványainak morfológiai felosztása (Golyeva 2001, módosítva Pető 2009)

Az oxigén és a szilícium a Földünk leggyakoribb elemei közé tartoznak, melyek különböző formában állnak rendelkezésre a növényvilág számára, de jellemző módon a földpátok mállása során felszabaduló kovasavat veszik fel (Prychid 2003).

A fitolitok képződéséhez nélkülözhetetlen oldott monokovasavat $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ a növény a gyökerein keresztül veszi fel a talajvízzel együtt, majd a xylemen keresztül a transpirációs árammal jut el a növényen belüli fitolitakkumuláció helyéül szolgáló szövetekbe. A szilícium ebben a formában csak pH 2-9 értékek között hozzáférhető a növényi szervezetek számára. A felvett oldott kovasav mennyisége a talaj és a növény tulajdonságain kívül az éghajlati adottságoktól is függ (Debreczeni – Sárdi 1999, Barber-Shone 1966, Jones-Handreck 1965, Jones-Milne 1963, Dunne 1978).

A monokovasav felvételének két ismert mechanizmusa ismert (Piperno 1988). Aktív transzportként az anyagcsere folytán (pl.: cukornád (*Sacharum officinarum*), búza (*Triticum aestivum*) (Van der Worm 1980)), vagy passzív módon a transpirációs áramon keresztül, de mindkét mechanizmus megtalálható akár egyszerre is egy növényegyeden belül (Barber-Shone 1966).

A felvett oldott kovasav fitolitiként való kiválasztása, azaz a kovasav polimerizációja során a vízvesztésnek van kitüntetett szerepe. Így az ott a legjelentősebb, ahol a párologtatás miatt a növényben a vízvesztés nagy (Jones – Handreck 1967, Sangster – Parry 1971, Raven 1983). A szilifikáció három ismert helyen történhet meg a növények szerveztében:

1. a sejtfalra lerakódva (membrán szilifikáció) (Drum 1968)
2. a sejt üregét (lumen) kitöltve (Piperno 1988)
3. a kéreg sejtközi részében felhalmozódva (cortex intercelluláris) (Montgomery – Parry 1979)

A fitolitiképződés a növény bőrszövetére (epidermis) a legjellemzőbb, és eltérő mennyiségben, de a különböző növényi részek (szár, levél, virágzat, termés, stb) is tartalmazhatnak fitolitokat.

A szilifikáció, azaz a növényi opalitok kiválasztása történhet tipikus és atipikus módon (Blackman – Parry 1968, Prychid 2003). A tipikus szilifikáció alatt a növényi opalitoknak az adott növényi szervezetre legjobban jellemző helyen történő kiválasztását értjük, míg az atipikus szilifikáció elsősorban az idősebb növényeknél figyelhető meg, mikor a tipikus helyek feltöltése után másodlagos szilícium-felhalmozódási helyek alakulnak ki, mindkét esetben jellegzetes formájú fitolitokkal. Ez egyben magyarázat arra is, hogy az idősebb növényi részekben gyakran található jóval nagyobb mennyiségű fitolit, mint a fiatalabbakban (Blackman 1968, Lanning – Eleuterius 1985). A fitolit kiválasztásának időpontja is igen eltérő

lehet. Míg például a kétnapos pirók-ujjasmuharban (*Digitaria sanguinalis*) már található szilifikálódott sejt (Sangster 1977), addig a rozs (*Secale cereale*) esetében csak a kifejlett levélben jelentek meg (Blackmann - Parry 1968).

A fitolitképződés ugyanakkor függ a növény erre való affinitásától is, azaz nem feltétlenül igaz, hogy idősebb növény több fitolitot tartalmaz, a fiatal kevesebbet (Piperno 1988). Általánosságban számíthatóak különböző adatok (pl.: jellemző fitolittartalom a növényvilágban 2-20 mg fitolit 1 g növényi szárazanyag tartalomra vonatkoztatva), azonban a különböző taxonok eltérő fitolit produkcióval rendelkeznek, jellemzően a pászitfűfélék (*Poaceae*) a legnagyobb, míg a fák a legkevesebbet, de igen jelentős eltéréseket tapasztalhatunk egyes fajok, vagy adott esetben akár egyedek között is (Piperno 1988). Bár a fitolittermelési képesség elsősorban genetikai kontroll alatt áll (Piperno 1988), igen jelentős szerepe van a környezeti feltételeknek is (éghajlati adottságok, csapadék, talajadottságok). Nedves klímán sokkal több oldott kovasav áll rendelkezésre a növényeknek, mint száraz klímán (Dunne 1978, Siever 1967), így a trópusi égöv növényei tartalmazzak legnagyobb arányban fitolitokat (Lovering 1959, Piperno 1985). Ezt a folyamatot segíti a trópusi területen jellemző allitos (lúgos) mállás is, amely jelentős mennyiségű oldott kovasavat alakíthat ki.

Különösen fontos a víz szerepe, mivel a csapadék jelenlétében a fitolitakkumulációs képesség megemelkedik. Egyiptomban megfigyelték, hogy azoknak a fűféléknek, melyek az öntözéssel művelt területen nőnek, sokkal nagyobb a fitolittartalma, mint a „hagyományos”, csak az esővízre támaszkodó mezőgazdasági területeken (Miller 1980). Ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy fitolitokat kimutattak olyan epifiton orchidea fajok (*Orchidaceae sp.*) esetében is, melyek kizárólag esővizet vesznek fel, a talajvízzel nem érintkeznek (Prychid 2003).

A fitolitok képződése során nyomokban egyéb elemek is beépülnek, azaz nem csupán egy szennyeződésektől mentes hidratált kvarc kialakulásáról beszélhetünk. A legfontosabb nyomokban előforduló elemek az alumínium, szén és nitrogén. Utóbbi kettő a sejtanyagcsere folyamatoknak köszönhetően jelentkezik a növényi opalitokban (Piperno 1988). Az alumínium szerepe igen fontos, mivel a vizsgálatok alapján összefüggés van a fitolitok alumínium tartalma és azok ellenálló képessége között (Bartoli – Wilding 1980). Különösen karakterisztikus az eltérés a jó megtartó képességű nyitvatermők tűleveleiben található fitolitok (relatív magas alumínium tartalom) és a lombhullató fajok alacsony alumínium tartalmú, kristályvízben dús opalitjai között. A fitolitok összes elemtartalmának igen fontos szerepe van a növényi opalit hosszú távú megőrződése során. Az argentin pampák löszszelvényeinek vizsgálata során (Osterreith et al. 2009) egyértelműen kimutatható, hogy minél több elemet tartalmaz a fitolit, annál erodáltabb felszínnel rendelkezik, ami annak

köszönhető, hogy a beépült elemek gyengítik a fitolit szerkezetét, több támadási pontot hagyva az erózióknak.

A Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékén, az Orvosi Fizikai és Biofizikai Intézettel közösen tudományos diákköri munka keretében (Búza 2008) végeztünk elemtartalom mérést fitolitokon, melyek alapján összefüggés mutatható ki a növény faja, a különböző élőhelyek vízdoldható elemtartalma és a növényben képződött fitolitok elemtartalma között.

Miért is van szüksége a növényeknek a fitolitokra? Milyen haszonnal szolgálnak a növényi opalitok a gazdaszervezet számára?

A szilícium esszenciális fontossággal bír a növényi szervezetek számára (Chen – Levin 1969, Piperno 1988, Agarie et al. 1996). A szilícium opál formájában beépülve a sejtfalakba növeli annak nyomásálló képességét, melyre a párologtatás során különösen nagy szükség van (Raven 1983), sőt, egyes kutatók szerint magában a transpirációban is szabályozó szerepük van (Hutton – Norrish 1974). A nyomástűrő képesség fokozásában játszott a szerepét vizsgálva a ligninnel mutat párhuzamot a növényi opál, azonban a ligninnél kevesebb energiából állítható elő. Részben ez is oka lehet annak, hogy a fitolitok nagyobb mennyiségben találhatóak az alacsonyabb rendű növényekben, míg a kétszikűek az energiahatékonyabb lignint részesítik előnyben. A fitolitok szilárdító-merevítő képességét a növény szervezetében több kutató is kiemeli (Ishizuka 1971, Piperno 1988).

Érdekes elképzelésként talán érdemes megemlíteni az úgynevezett „Ablak-hipotézist” (Takeoka et al. 1979), mely szerint a fitolitok, mint kis ablakok, a fényáteresztő képességét növelték volna a bőrszövetnek, ezzel pedig a fotoszintézist segítették volna. Ezt az elméletet többen is megkérdőjelezték, majd bizonyították valótlanágát (Agarie et al. 1996).

Ismert tény, hogy bizonyos haszonnövények esetében a növekvő monokovasav felvétel növeli a növények ellenálló képességét a patogén gombák ellen (Iler 1979), különösen igaz ez a rizs (*Oryza sativa*) betegségei esetében (Nanda – Gangopadhyay 1984, Suzuki 1973). A magas fitolit aránnyal rendelkező növényeket szelektíven kiválasztja, majd elkerüli például az igen kártékony ázsiai *Chilo suppressalis* lepkefaj, mely lárváinak kifejlődését hátráltatja a magas növényi opál tartalom (Djamin-Pathak 1967).

A legelő állatok és táplálékuk között is érdekes interakciót figyeltek meg és írtak le kutatók (McNaughton – Tarrans 1983, McNaughton et al. 1985, Gali Muhtasib et al. 1992). Az intenzíven legelt területek növényvilágában megnő a magas fitolit tartalmú növények aránya, míg az intenzív legelés elmaradásával ismét lecsökken az arányuk. A növényevő állatok előnyben részesítik az alacsonyabb fitolit tartalmú növényeket, azaz a magas növényi opalit koncentráció bizonyos védelmet jelent a legelés ellen. Hasonlóan, azaz a fitolitprodukciónak

nüvelését alkalmazza a rizs (*Oryza sativa*) is, bizonyos meztelen csiga faj (*Agriolimax reticulatus*) elleni védekezése során (Wadham – Parry 1981).

2.2. A fitolitkutatás rövid története

A fitolitkutatás történetének legjobb összefoglalóját Dolores Piperno készítette (Piperno 1988), aki maga is a fitolitkutatás legnagyobb alakjai közé tartozik. Piperno a fitolitok kutatásának történetét négy korszakra osztotta fel:

Felfedezés korszaka (1835-1895): A fitolitok kutatásának kezdetét jelölő évszám G. A. Struve német kutató doktori disszertációjának (Struve 1835) a Berlieni Egyetemre történt beadásával egyezik meg, ugyanis ebben a munkában található meg először a fitolitok rendszerezett leírása, valamint azoknak a növényekben való előfordulása. Mindez egy évvel korábban történt, mint a virágposzameknek negyedidőszaknál idősebb rétegekből történt kimutatása (Faegri – Iverson 1975). Mégis majdnem egy fél évszázaddal több időnek kellett eltelnie ahhoz, hogy a fitolitelemzés is a palinológiához (pollenelemzés) hasonlóan szerepet kapjon a paleoökológiai kutatásokban (Piperno 1988).

Ebben a korszakban született a fitolit elnevezés is, mely C. G. Ehrenbergnek porosz tudósnek köszönhető, aki a korszak legjelentősebb alakjának, „a fitolitkutatás atyjának” tekinthető (Powers 1992). Ő volt az első, aki a fitolitok morfológiai osztályozását elkezdte (Ehrenberg 1854). Bár a darwini tanokkal nem értett egyet, mégis ő vizsgálta meg a Beagle csillagászati eszközeinek üveg felületén karcokat okozó szemcséket, melyeket Darwin gyűjtötte be a Zöld-foki szigetek közelében, és mutatta ki köztük a fitolit szemcséket is (Piperno 1988, Gorbushina et al. 2007).

Ehrenberg egyik legfontosabb írása 1851-ben jelent meg, melyben egy csernozjom talajt vizsgálva, annak fitolittartalma és összetétele alapján megállapította, hogy a vizsgált talaj „egy ősi erdő törmelékén képződött” (Pető 2009), azaz nem a jelenkori környezet hatására (Ehrenberg 1851).

Növénytani korszak (1895-1936): A fitolitkutatás központja Németország volt, ahol egyre több publikáció foglalkozott a fitoliokkal, melyeket németül „*Kieselkörper*” névvel is illették (Mobius 1908). Elsősorban a fitolitok kialakulását, a fajon belüli morfológiai változatosságot kutatták, valamint a növényeket csoportokba sorolták fitolit-akkumulációs képességük alapján (Neolithzky 1914a, 1929, Piperno 1988, Powers 1992). Guntz 130 növényfajt (*Poaceae*) tanulmányozott (Grob 1886), és megállapította, hogy a levelek sejtstruktúrája és a klíma között szoros összefüggés van. Ez alapján 4 csoportba sorolta őket (bamboo, savannah, meadow és steppe grasses), mely majd 80 évvel később az egyik legfontosabb fitolit

osztályozási rendszer alapja is lett (Twiss et al. 1969). A német szakirodalmon túl ausztráliai kutatások tesznek említést fitolitokról ebből a korszakból (Piperno 1988).

Német botanikusok voltak az elsők (Edman – Söderberg 1929, Neolitzky 1900, 1914a, Schellenberg 1908), akik régészeti leleteken dolgoztak, és sikeresen azonosítottak búza (*Triticum* sp.), valamint árpa (*Avena* sp.) fitolitokat a kerámiákon, az azokban található ételmaradványokban és vályogból vert téglákban. A minták Közép-Ázsiából, Európából, sőt, Kínából is érkeztek hozzájuk.

Neolitzky legérdekesebb megfigyelése egyiptomi leleteken arra vonatkozott, hogy a fitolitok kimutathatóak az emberi fogköben (*Calculus dentis*) is, így információk nyerhetők az egykori táplálkozási szokásokról (Neolitzky 1914b, Pető 2009). A korszak lezárulását a Nemzetiszocialista Német Munkáspárt hatalomra jutása, és ennek ismert következményei jelentik. A fitolitkutatásban Németország befolyása jelentősen csökkent, a kutatásoknak új centrumai alakultak ki (Piperno 1988).

Ökológiai kutatások korszaka (1955-1975): A fitolitkutatás tudománya többpólusúvá vált. Az angol nyelvterület dominanciája megerősödik (Ausztrália, Egyesült Királyság, Amerikai Egyesült Államok), de a világ több országában is jelentős kutatások indultak ebben az időben (Japán, Szovjetunió). Ebben a korszakban jelentősen kiterjedt a fitolitokkal foglalkozó szakemberek köre. A botanikusokon kívül talajtani szakemberek, geológusok, agronómusok, ökológusok is a saját szemszögükből kezdték vizsgálni a fitolitokat, valamint azok alkalmazhatóságát saját tudományterületükön belül (Piperno 1988). Ennek eredménye egy igen termékeny időszak, melynek áttekintése a teljesség igénye nélkül is igen nagy terjedelmet foglalna el. Mégis, a környezettörténet-szemléletű fitolitkutatás legkiemelkedőbb eredményei a következők voltak.

Az észak-amerikai préri holocénkori vegetációtörténetének igen fontos eleme a fű- és erdőborítás váltakozása. Ennek az időbeli változását fitolitok alapján sikerült kimutatni (pl.: Witty – Knox 1964, Verma – Rust 1969).

Fitolitokat azonosítottak különböző korú geológiai képződményekben, úgymint löszben és tillben (Jones et al. 1963), kréta korú, harmadidőszaki és negyedidőszaki kőzetekben (Baker 1959, Jones 1964, Weaver – Wise 1974, Gill 1967), mélytengeri fűrésokban (Folger et al. 1967, Dumitrica 1973).

Ehrenberg megfigyeléseit alapul véve megjelentek újabb fitolit osztályozási rendszerek, melyek már a pázsitfűfélék (*Gramineae*) alcsaládi szinten (*subfamilia*) való elkülönítését tették lehetővé (Deflandre 1963, Dumitrica 1973), valamint elkészült az egyik legfontosabb és leggyakrabban használt Twiss-féle osztályozási rendszer (Twiss et al. 1969).

Egyre több felmérés készült különböző növények fitolit produkciójára vonatkozóan, világossá vált, hogy nem minden növény termel megfelelő mennyiségű és/vagy jellegzetes morfológiájú fitolitokat, ugyanakkor meg kell említeni, hogy mind több és több növény esetében találtak specifikus fitolit formákat család (*familia*), nemzetség (*genus*) vagy faj (*species*) szinten (Piperno 1988).

Fitolit kutatások modern korszaka, régészeti célú és környezettörténeti kutatások (1975 után): A régészeti célú fitolit kutatások széles körben elterjedtek. Öröndetes, hogy 1848-óta, amikor a világ első (dán) geoarchaeológus csapata felállt (Sümegi 2003), a kezdeti háromfős szakember gárda (régész, paleontológus, geológus) a mai csapatokban már igen kiszélesedett, hovatovább már fitolitokkal foglalkozó specialistáknak is van fenntartott hely. Igen fontos szerepe van a fitolitoknak napjaink régészeti és környezettörténeti munkáiban a következő területeken, a teljesség igénye nélkül:

- Közép- és Dél-Amerikában a kukorica (*Zea mays*) és a tök (*Cucurbita sp.*), valamint más haszonnövények nemesítésének és a különböző régészeti kultúrák történetének összekapcsolása (Trombold – Israde-Alcantara 2005, Piperno – Stothert 2003).
- Afrikában a különböző törzsek vándorlásának és tájhasznosításának, élelemtermelő tevékenységének a kapcsolat (Neumann 2009).
- Délkelet-Ázsia és Afrika banán (*Musa sp.*), valamint Ázsia rizs (*Oryza sp.*) kultivációja és a régészeti kultúrák kapcsolata (Lejju et al. 2006, Itzstein-Davey et al. 2007).
- A halmok, kurgánok talajainak vizsgálata, valamint az azok által fixált paleotalajok elemzése (Golyeva et al. 1995).
- A különböző eszközök (pl.: pengék, őrlőkövek) felületén megmaradt fitolitok elemzése (d’Errico et al. 1995).
- Fogkövekben, koprolitokban megőrzött fitolitok elemzése (Gobetz – Bozarth 2001).

A fitolitkutatás dinamikus fejlődésének motorja egyrészt az új igények (pl.: nanotechnológia (Neethirajan et al. 2009)) és az anyagi források megléte, másrészt pedig a technikai fejlődés nyújtotta lehetőség. Egyre kifinomultabb feltárási módszerek mind a recens növényi szövetekből, mind pedig a különböző korú és beágyazottságú mintákból (pl.: ultrahangos roncsolás (Parr 2002)), modern szeparálási technikák (pl.: Filed-Flow Fractination – membrán-szeparáció (Hansen et al. 1998, Rings et al. 2004)), fejlett, nagy felbontású 3D-s felvételt lehetővé tevő mikroszkópia, mely az elemösszetételt is vizsgálhatóvá teszi (Shillito et al. 2009), könnyen kezelhető adatbázisok, kiértékelő szoftverek, stb.

Fitolitokon is végeztek izotóp vizsgálatokat, kormeghatározást (Kelly et al 1991, 1998), valamint kísérletek folynak a fitolit szervesanyagának elkülönítésére, esetleg abból DNS kimutatására (Elbaum 2009).

Mindezeket figyelembe véve elmondható, hogy bár a Piperno által megfogalmazott IV. kutatástörténeti korszakban („The Modern Period of Archaeological and Paleoenvironmental Research” Piperno 1988) vagyunk, már látszanak a kutatás jövőbeli új irányait kijelölő igények, lehetőségek.

2.3. Fitolit nevezéktan és klasszifikáció

Hasonlóan más kutatásokhoz, a fitolitkutatás történetét is végig kíséri az az igény, hogy a megszerzett ismereteket rendszerbe foglalja. Felfedezett, megismert fitolit formákat le kell írni, majd azokat különböző szempontból kialakított osztályokba kell sorolni. A fitolitkutatás több mint 170 éve alatt több osztályozási rendszer látott napvilágot. Ezeket az osztályozási rendszereket három nagy csoportba sorolhatjuk (Pető 2009):

1. *taxonómiai megközelítés*: Az osztályozás alapja a fitolitoknak a növényi szervezetben elfoglalt helye, valamint a fitolit formája, alaktani bélyege.
2. *tipológiai megközelítés*: A fitolitok növényanatómiai helyzete, valamint morfológiája helyett az osztályozás alapja a fitolitok által jelzett élőhely, vegetáció típus. A fitolitok mint indikátorok jelentkeznek, és az azonos indikátorok alkotnak egy-egy csoportot.
3. *taxo-tipológiai megközelítés*: Az előző két megközelítést egyesítő osztályozás, ami célirányosan képes egyesíteni az előző két megközelítési mód előnyeit.

Dolgozatomban a fitolitok osztályozásánál a taxo-tipológiai megközelítést alkalmazom. A fitolitok osztályozása során már felmerült az igény, hogy a különböző fitolit formák leírása egységes protokoll alapján történjen. Bizonyos esetekben igen komoly kihívás elé néz a kutató, mikor különböző szerzők, adott esetben különböző nyelven írt tudományos közléseit kell összevetni úgy, hogy tulajdonképpen szabad formaleírás alapján, mindenki a saját elképzelése szerint írta le olykor ugyan azt a fitolit formát.

Egészen 2006-ig nem volt egységesen elfogadott fitolit nevezéktan. Ekkor Barcelonában a 6. IMPR konferencián (6th International Meeting on Phytolith Research) fogadták el a résztvevők a ma már széles körben elterjedt ICPN nevezéktant (International Code for Phytolith Nomenclature 1.0), melyet a szerzők mutattak be (Madella et al. 2005). Apróság, de talán érdemes megjegyezni, hogy ez a kétévente megrendezésre kerülő konferencia meglehetősen szűk körű (kb. 30 kutató), így nagy öröm volt részt venni azon, különösen úgy,

hogy Pető Ákossal (Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat) rögtön két magyar doktorandusz lehetett ott azon a mérőföldkönek számító találkozáson.

A már említett barcelonai konferencián az ICPN elfogadása nem ment zökkenőmentesen. Többen kifogásolták, hogy a nevezéktan miért angol, és miért nem latin kifejezéseket használ. A vita eredményeként – részben a meggyőző angol-nyelvű kutatói többségnek köszönhetően – maradt az angol nevezéktan, amit magam is használni fogok.

Ennek kapcsán azonban meg kell jegyezni, hogy bár a formák leírása angol nyelven történik, az egész nevezéktan kialakításának az oka és szükségessége gyakorlatilag ugyan az, ami a növény- és állatvilág elnevezéseiben a latin név használatát és megtartását eredményezte. Azaz egy olyan jól definiált, széles körben elfogadott nyelvet használjanak világszerte a kutatók a fitolitok leírásánál, mely egyértelműen meghatároz bizonyos formákat, a leíró kutató anyanyelvétől és megközelítésétől függetlenül.

Az ICPN elnevezései részben görög/latin eredetre vezethetők vissza, részben pedig megtartotta a már „mélyen gyökerező” elnevezéseket (*nomina conservanda*). Az ICPN nevezéktan a következő protokollt követi: a fitolitokat legfeljebb három jelzővel (kombináció lehetséges) kell megadni.

Különbséget tesz az önállóan megfigyelhető fitolit, valamint több, egymáshoz kapcsolódó, adott esetben eltérő formájú fitolitok között. Az első esetben lehetséges a legpontosabb leírást adni, mely a következő elemeket tartalmazhatja:

1. pontos alakjára vonatkozó jelző (2D vagy 3D)
2. a fitolit textúrájára, felületi díszítettségére vonatkozó jelzők
3. amennyiben biztosan tudható, a fitolit képződésének anatómiai helye

Az ICPN nevezéktanának nemzeti nyelvekre való átültetésére történtek kísérletek (Pető 2009), azonban az eredeti angol ICPN nevek megtartását minden esetben kiemelkedő jelentőségűnek tartom (hasonlóan a latin elnevezésekhez). Természetesen fontos, hogy minden nyelvnek legyen saját szókészlete a fitolitformák leírására (magam is használni fogok magyar szerkezeteket), de minden esetben a forma leírása után le kell írni az angol ICPN nevezéktani megfelelőjét is. Csak így biztosítható az egységes tudományos nyelv és nevezéktan megőrzése, amivel a félreértések kiküszöbölhetőek, amiért a nemzetközi, egységes nevezéktant kialakították.

2.4. Fitolit alkalmazása a régészeti geológiai és környezettörténeti kutatásokban Magyarországon

A fitolitelemzés Magyarországon nem mondható elterjedt módszernek sem a régészeti geológiában, sem a környezettörténetben. Ennek több oka is lehet, de talán az egyik

legfontosabb az, hogy a pollenekre, makrobotanikai maradványokra, magvakra, valamint faszenekre alapozott kutatásokhoz kiváló megőrzésű minták állnak rendelkezésre a kutatóknak. Jellemzően a fitolitkutatás ott bír a legnagyobb hagyományokkal, ahol ezeknek a mintáknak a fennmaradása, megőrződése nem biztosított (pl.: nedves közeg híján kiszáradó, majd összetöredező pollenek).

Annak ellenére, hogy hazánkban nincsen fitolit maradványokra alapozó tudományos műhely, fitolitkutatási eredmények már rendelkezésre állnak, mivel magyarországi lelőhelyeken kezdetben külföldi, ma már hazai kutatók is végeztek fitolit elemzéseket. Itt kell megjegyeznem, hogy több kutató is felhívta már a figyelmet a fitolitok felhasználhatóságának jelentőségére a régészeti geológiában (Sümei 2001, 2003), vagy a talajban előforduló régészeti anyagok mikromorfológiai vizsgálataiban (Kovács 2006).

Kronológiai sorrendben az első hazai kutató Gyulai Ferenc volt, aki Balatonmagyaród-Hídvégpuszta bronzkori növényleteit és élelmiszermaradványait dolgozta fel (Gyulai 1993, 1996). E munkák során a zürichi Benno Richter mikroszkópikus megfigyelései eredményeképpen bronzkori „szamócás süteményben” mutattak ki többek között *Panicum sp.* és *Triticum sp.* fitolitokat (Gyulai 1996).

Külföldi kutatóként Salvatore Engel-di Mauro volt az első, aki szintén a kilencvenes évek elején magyarországi löszelvények paleotalajait vizsgálta, és egyben publikálta az első Magyarországról származó, komplett fitolit-adatsorokat (Engel-di Mauro 1995).

Majd egy évtizeddel később, a Körös kultúra környezetre gyakorolt hatását próbálta fitolitok alapján kimutatni a Kiri-tóból vett fűrásmintákon Pia Widland oxfordi kutató (Widland 2007), míg ezzel párhuzamosan Marco Madella a Körös kultúra árkainak betöltését vizsgálta Ecsegfalván (Madella 2007).

A hazai halomkutatás egy új iránnyal bővült, mikor első ízben vizsgálták kurgánok talajainak fitolitjait Alexandra A. Golyeva moszkvai kutató vezetésével (Barczy 2007). Elsőként a Lyukas-halom majd a Csipő-halom mintáit elemezték. A vizsgálatokba a kezdetektől bekapcsolódott Pető Ákos, a Szent István Egyetem hallgatója, későbbi doktorandusza, aki már szakdolgozatában közölt adatokat a hajdúnánási Lyukas-halom fitolitjairól (Pető 2006). Pető Ákos a későbbiekben bakonyi recens talajok fitolitjainak vizsgálatával foglalkozott (Pető 2009), melynek során egy mintaterületen a mezőgazdasági művelési ágak hosszú idejű változását próbálta kimutatni fitolitok adatsorában.

A Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékén működő, Dr. Sümei Pál vezetésével és támogatásával kialakult régészeti geológiai kutatócsoport 2005-től kezdődően foglalkozik fitolitok elsősorban geoarcheológiai és környezettörténeti célú kutatásával,

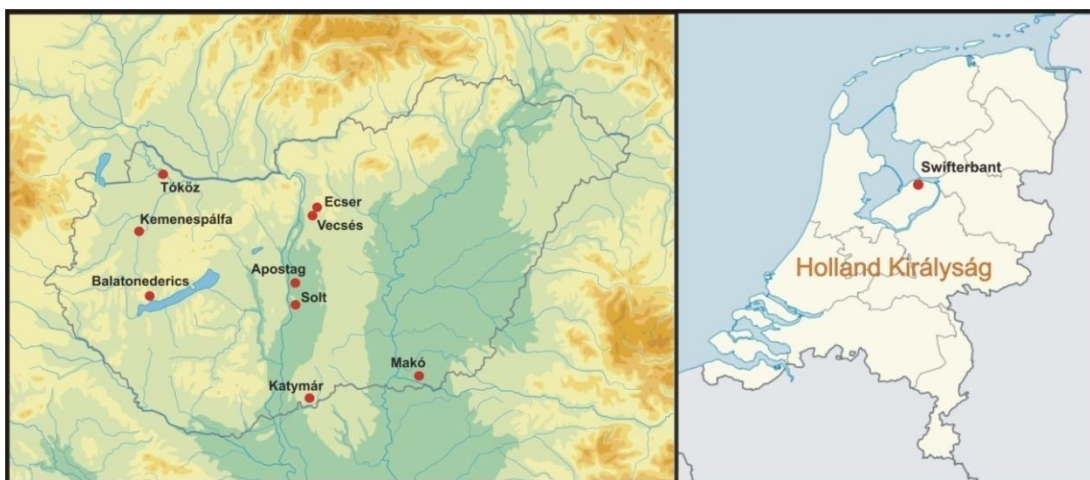
alkalmazásával (Persaïts et al. 2006, Persaïts 2010). Az elmúlt kb. 5 év kutatási eredményeit és tapasztalatait szeretném doktori értekezésemben bemutatni.

3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A vizsgálati módszerek tárgyalása során bemutatásra kerülnek a mintavételi stratégiától kezdve a feltérési recepteken át, egészen a határozáshoz felhasznált osztályozási módszerekig valamennyi munkafázis, mely az adatsorok megszületéséig nélkülözhetetlenek. Mivel az értekezés eltérő földtani környezetben beágyazódott mintákra épül, a vizsgálati módszerek áttekintése során a dolgozat terjedelmi korlátai miatt csak egy rövid áttekintést teszek a különböző feltérési módszerek ismertetése során, és a hangsúlyt az általam használt módszerek leírására helyezem.

3.1. Terepi mintavétel és a minták tárolása

A fitolitokat tartalmazó minták igen eltérő jellegűek, így más-más mintavételi stratégiát, technikát és tárolást igényeltek, melyet elsősorban a kutatás célja határoz meg. Továbbá igen fontos rögzíteni, hogy a mintavételezésnél nem minden esetben voltam jelen, aminek oka az, hogy bizonyos mintákat már korábban begyűjtött a SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszéke, vagy pedig a mintákat régészek tették félre későbbi vizsgálatok céljából. A terepi mintavételezésben ettől függetlenül sikerült szép számmal tapasztalatokat szerezni, mivel az elmúlt évtized során Sümegi Pál vezetésével igen jelentős számú és igen változatos célú terepi mintavételezésben vehettem részt, még ha ezeknek csak kis része szerepel is a doktori értekezésemben. A mintavételezések helyének pontos ismertetése a 4. fejezetben olvasható, itt csak a lelőhelyek áttekintő térképét mutatom be (2. ábra).



2. ábra. A vizsgált lelőhelyek elhelyezkedése

Az alábbi táblázat (3. ábra) összefoglalóan tartalmazza a vizsgált minták begyűjtésére vonatkozó legfontosabb paramétereket, azaz a lelőhely megnevezését, a minták korát valamint mennyiségét.

	KATYMÁRI TÉGLAVETŐ	SZIGLIGETI- ÖBÖL	TÓKÖZ	MAKÓ M43 ELKERÜLŐ								SOLTI TÉTELHEGY					APOSTAGI KEMENCE	ECSEK, ÜLLŐ M0 DÉLI SZÉKTOR				KEMENESPÁLFA- ZSOMBÉKOS LELŐHELY	SWIFTERBANTI LELŐHELY (HOLLANDIA)						
	Löszminták (8 cm-enként)	Fúrásminták (8 cm-enként)	Fúrásminták (4 cm-enként)	Löszminták (10 cm-enként)	Fazák betöltése	Fazészes réteg	Gödör	Kút	Pálissos réteg	Sír	Verem	Árok	Célpályuk	Gödör	Ház	Hombár	Kemence	Sír	Szarmata sütőkemence metszete	Árok	Edényváza k.	Gödör	Kemence	Kút	Malomkö töredékek	Talajminta	Koprolit	Sertés fog	
KÖZÉPKOR ÁRPÁD-KOR HONFOGLALÁSKOR		63	80									6	5	10	13	2				6		2	2	1	5				
NÉPVÁNDORLÁSKOR					1	1	2	2	1	5	4																		
CSÁSZÁRKOR																				10		1	11	1					
VASKOR																										5			
BRONZKOR																													
RÉZKOR													7		10								1						
NEOLITIKUM																											34	5	1
MEZOLITIKUM																													
PALEOLITIKUM	119			24																									

3.ábra. A vizsgált minták régészeti kronológiai megoszlása
(darabszám) lelőhelyenként

Katymári minták: A mintavételezés során a katymári téglavető közel 11 méteres löszfalát (4. ábra) gyűjtötte be az SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék csapata Sümei Pál vezetésével. A terepi mintavételezés 4 cm-enként történt (Hupuczki et al. 2006), és a nagyobb mennyiségű mintákból (mivel a mintavételezés nem csak fitolitelemzés miatt történt) 8 cm-enként emeltem ki 5 grammot. Összesen 119 minta került elemzésre. A mintavételezés a tapasztalatok hiánya miatt nem terjedt ki valamennyi 4 cm-enként vett mintára, és a löszszelvényt előzetesen nem tartottuk fitolitban gazdagnak. (Ez a várakozásunk be is igazolódott.) A löszmintákat gyorszáras, feliratozott műanyag tasakokban tároltuk szobahőmérsékleten a feldolgozásig. A kutatás célja a katymári löszszelvényből származó környezettörténeti adatok és a fitolitok adatsorának összevetése.

Ecser, Üllő régészeti objektumai: A feliratozott, műanyag zacskóban légszáraz állapotban tárolt, egyenként kb. 50 grammos mintákat Patay Róbert régésztől (Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága) kaptam elemzésre. A mintákat az M0-ás autópálya Budapestet ÉNY-ről elkerülő szakaszának megelőző régészeti feltárása során emelték ki különböző régészeti objektumokból (Persaits 2010). A minták tárolása az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékén történt. Összesen 23 különböző objektumból 25 minta feltárásra került. Egy objektum esetében (Üllő 5.Lh. 7847.obj.) történt 3 db minta kiemelése, mégpedig egy váltakozó betöltéssel rendelkező objektum legalsó (ASZ), középső (KSZ) és legfelső (FSZ)

szintjéből (5. ábra). Sajnos a középső szint pontos kijelölésére nincs mód, erről nem áll rendelkezésemre cm-ben megadott jegyzőkönyvi adat (Patay Róbert szóbeli közlése nyomán). Az objektumok fitolitjainak vizsgálata alapján az egykori megtelepedési helyszínek közvetlen növényvilágáról kívántunk adatokat nyerni.

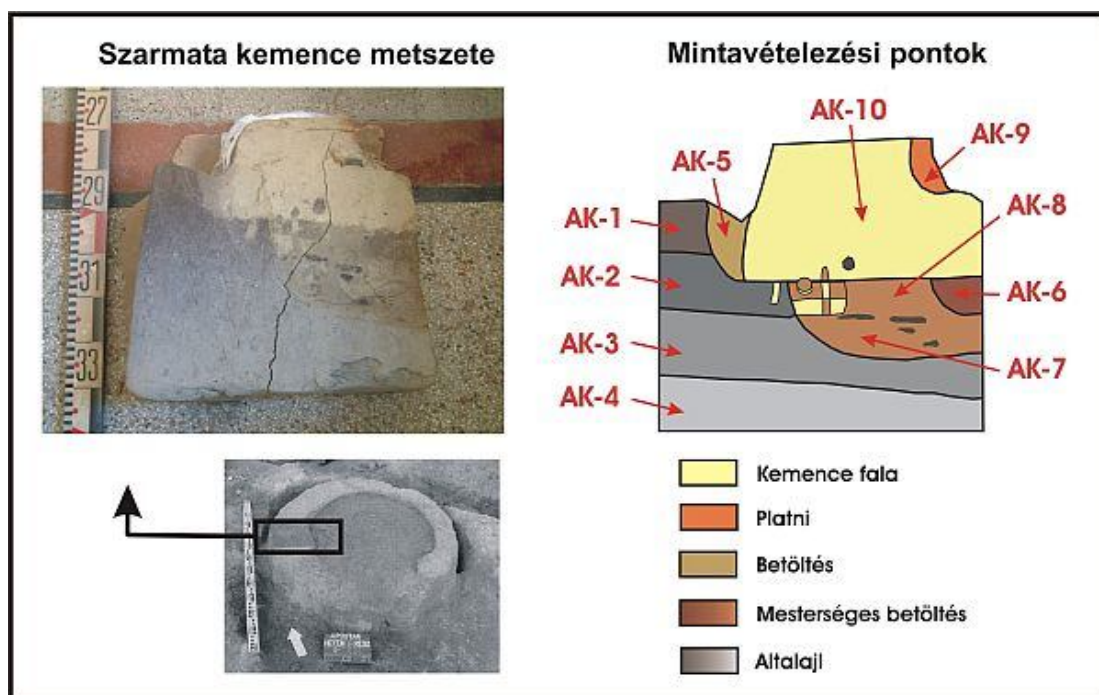


4. ábra. A katymári téglavető nyugati löszfala, a minták származási helye



5. ábra. Üllő 5.Lh. 7847.objektumának fotója

Apostagi szarmata kemence: A feltárandó minták begyűjtése igen speciális módon történt. 2005-ben érkezett az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékére egy szarmata kemencéből készült metszet, melyet Rosta Szabolcs régész (Kiskun Múzeum, Kiskunfélegyháza) vezetésével készítettek. A föliával speciális módon rögzített szelvény nem csak a kemencét, hanem az egykori talajt is megőrizte, amibe a kemencét mélyítették (Persaits et al. 2008). Az így megőrzött mintából magam vettem vizsgálati anyagot, figyelve arra, hogy a metszet minden fontos területe érintve legyen (6. ábra).

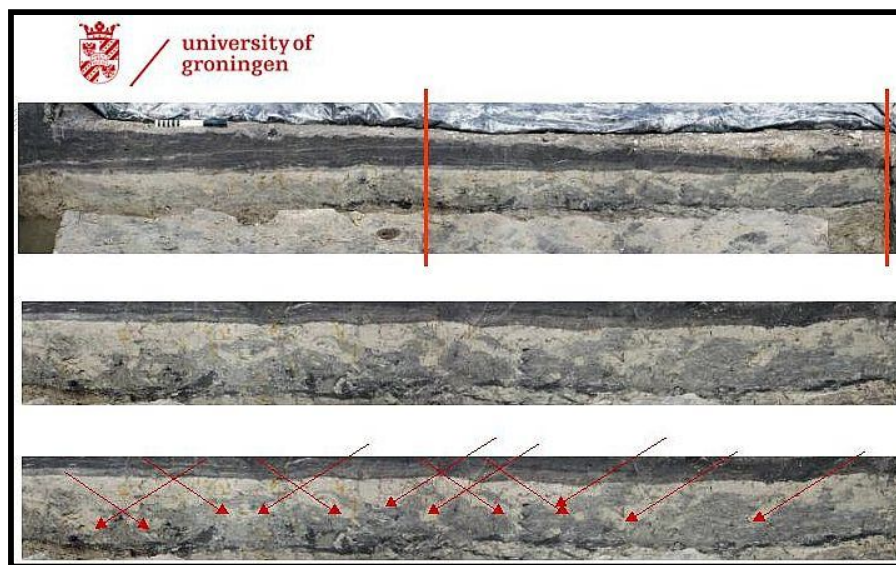


6. ábra. A vizsgált apostagi kemence metszete és a mintavételezési pontok

A laboratóriumi mintavételezés során kb. 20 gramm mintát vettem ki a megjelölt pontokból (6. ábra). A cél, amelyre a mintavételezési stratégia alapult az volt, hogy ki lehet-e mutatni a kemence tüzelőanyagát (fa vagy esetleg szalmával kevert szárított trágya), és megfigyelni, hogy milyen eltérések mutatkoznak egy ilyen kisméretű, de összetett objektum fitolit adatsorában.

Balatonedericsi fűrásminta: Az 520 cm mély fűrást Sümegi Pál vezetésével „orosz-fejes” kézi fűróval mélyítették (Jakab et al. 2005), mely zavartalan magkihozatalú, és a paleoökológiai vizsgálatok során széles körben elfogadott mintavételezést tesz lehetővé (Aaby – Digerfeldt 1986). A minták becsomagolva, 4 °C-os hűtőben kerültek tárolásra, mivel a mintából egyéb más vizsgálatok is készültek (pl.: pollenelemzés). A laboratóriumi vizsgálatokra 8 cm-enként vettem ki mintákat, amelyek között nem mindegyik érte el az 5 g-ot. A minta legfelső része nem volt alkalmas a fitolitelemzésre, mivel a kotusodott, talajosodott tőzeg még túlságosan nagyméretű növényi maradványokat tartalmazott. Így fitolitelemzés miatt a 24-520 cm-ig terjedő részből 63 minta került kivételre, 8 cm-enként. A későbbiekben ezekből a mintákból nyert fitolitok alapján nyert környezeti változások és az ugyanerre a fűrásra épülő környezettörténeti elemzéseket hasonlítom össze.

Swifterbanti minták: A hollandiai neolit korú lelőhely mintavételezése nem teljesen szokványos módon történt. 2007-ben egy szlovéniai konferencián (14th Neolithic Seminar) Prof. Daan C. M. Raemaekers a Groningeni Egyetem régész professzora előadásában bemutatott egy régészeti feltárás talajszelvényéből származó monolitot (7. ábra), mely egy többszörösen rétegzett szelvény részét képezte (Huisman et al. 2009).

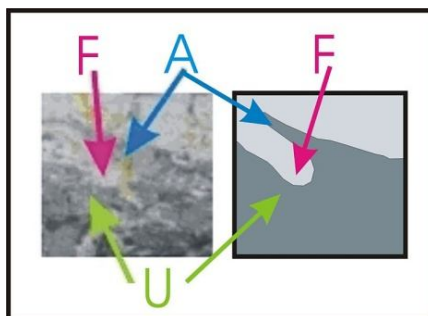


7. ábra. A swifterbanti neolit korú monolit a zsákszerű struktúrákkal

A prezentációban bemutatott, majd a későbbiekben általam is vizsgált monolit problémája a következő volt. Ásóbot használatra utaló betöltéseket véltek felfedezni (7. ábra, piros nyíllal

jelzett struktúrák) a rétegződésben, mely szerintük a neolit földművelési technika egyik bizonyítéka lehetne. A probléma ugyanakkor az volt, hogy nem találtak gabona polleneket a mintában. Ezért kaptam lehetőséget, hogy a polleneknél sokkal ellenállóbb, gabonatermesztésre utaló fitolitokat keressek a mintában, hiszen gabonatermesztés esetén ezeknek fent kellett maradniuk, helyben felhalmozódva.

A mintavételi stratégia a következő volt. A zsákszerű betöltések alól (U), magából a betöltésből (F), valamint a betöltés fölül (A) kértem mintavételezést (8. ábra). Ezeken kívül a monolit teljes magasságában (kb. 20 cm) kértem 1 cm-es felbontással mintavételt. Összesen 8 betöltést mintáztak meg a holland kollégák az útmutatásaink alapján, azonban csak egy esetben lehetett betöltésenként 3 mintát (A, F, U) gyűjteni, egy esetben csak magából a betöltésből (F) és hat esetben a betöltésből és az alatta lévő részből (F, U), ami így összesen 16 mintát tett ki. Ezt egészítette ki 18 darab minta a függőleges, cm-es felbontású mintázásból.



8. ábra. A monolit zsákszerű struktúrájának mintázása

A mintázási stratégiánk a következő hipotézisre épült. A függőleges cm-es felbontással egy átfogó képet – mintegy „háttérképet” – kapunk a monolit fitolittartalmáról, amibe bele tudjuk illeszteni a zsákszerű struktúrák történetét. Fény derülhet arra, hogy a jól elkülönülő alsó sötétszürke és a felső világosszürke rétegek tartalmazznak-e fitolitokat, ha igen, milyen arányban és milyen típusúakat? A kérdéses struktúráknál pedig elvárható, hogy minden betöltésben legyen gabona fitolit, ha ezek valóban egy egykori megművelt terület ásóbot nyomai.

A kutatási együttműködés során az eredmények fényében merült fel az igény, az ásatásról nagyszámban előkerült, a monolittal azonos korú sertés koprolit vizsgálatára, melyben az egykor elfogyasztott növényi maradványokból származó, valamint a monolitban megtalálható fitolitok kapcsolatára voltunk kíváncsiak. Mindezt kiegészítettük még egy sertés őrlőfoggal is, melyen szintén a táplálkozásból fennmaradt fitolitikat próbáltunk kimutatni. A vizsgálatok során egyetlen probléma merült fel, mégpedig az, hogy a kért, mintánként minimum 5 gramm anyagot nem sikerült kimérni, így a koprolitoktól és a fogmintától eltekintve (a fog

elemzésénél a vizsgálati metódus miatt nem volt fontos a minta tömege) ennél mindig jóval kisebb tömegű mintával dolgoztam.

Makói régészeti objektumok: Az M 43-as autópálya Szeged és Makó közötti szakszán, a szegedi Móra Ferenc Múzeum által feltárt lelőhelyekről Balogh Csilla régész koordinálásával történt mintavételezés. Az ásatás során mindvégig jelen voltak a helyszínen a Szegedi Tudományegyetem hallgatói, valamint a Földtani és Őslénytani Tanszék doktoranduszai, akik folyamatos mintavételezést végeztek a feltárt objektumokból. Ezekből a mintákból lett utólag kiválasztva 10 objektum, melyből összesen 16 minta került feltárássra. Az objektumokon kívül egy nagyméretű metszetfalból (235 cm magasság) 5 cm-es függőleges mintázással 24 db mintát gyűjtöttünk be. A cél egy átfogó, hosszú időléptékű környezettörténeti kép kialakítása volt, melyet a régészeti objektumok fitolitjai alapján kiegészíthetünk.

Tóközi fűrásminták: A Tóköz területén mélyített fűrások Takács Károly, a Hansági Múzeum régészének inspirálására történtek. A Tóköz területén számos, jellegzetes hármasszerkezetű csatornákból felépülő mesterséges csatornarendszer található, melynek kialakítása az Árpád-korra datálható (Takács 2001). Ezt a felvetést többen vitatták, miszerint ez a csatornarendszer jóval idősebb, az Árpád-kort megelőzően került kialakításra. Radiokarbon mérésekkel alátámasztott, környezettörténeti adatokat is szolgáltató vizsgálatokkal kívántunk hozzájárulni a csatornarendszer korára vonatkozó kérdés tisztázásához. Sümegi Pál vezetésével spirál fűróval végzett térképező fűrások után zavartalan magkihozatalú „oroszfes” fűrásokat (Aaby – Digerfeldt 1986) mélyítettünk a kérdéses árkokba 2009 februárjában (9. ábra). Összesen négy, a fő árkokból származó fűrás (átlagosan 125 cm mélységűek) került feldolgozásra 2 cm-enkénti mintavétellel. A fűrásmintából csak az árok legalsó betöltésére koncentráltunk (átlagosan 40 cm fűrásonként). Összesen 80 db mintából történt fitolit határozás.



9. ábra. A Tóközben található hármasszerkezetű Árpád-kori csatornarendszer

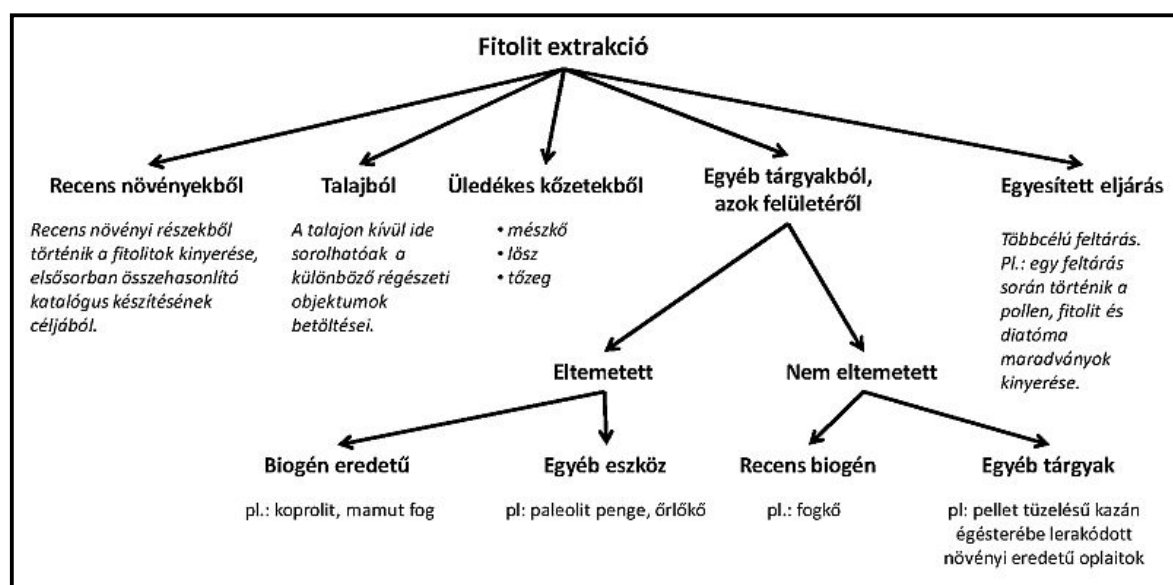
Solti (Tételhegy) régészeti objektumok: A Jedlik Ányos Program támogatásával, és Szentpéteri József régész vezetésével, számos tudományterület szakembereit mozgósító kutatás indult a solti Tételhegyen. Az ásatások során 29 db objektumból összesen 62 mintát vettem 2008 valamint 2009 őszén. A mintázott objektumok igen változatosak voltak, és lehetőség adódott egy objektum különböző részeiből is mintát venni, nem csak objektumonként egyet.

A mintavétel alá vont objektumokon kívül egy a Tételhegy közelében mélyített fúrásból is történt fitolit feltárás, de ezek a vizsgálati eredmények nem képezik a doktori értekezés részét.

Kemenspálfa malomkövek: A Kemenespálfa-Zsombékos régészeti ásatás során előkerült malomkő töredékeket Farkas Csilla régész (Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága) megbízásából vizsgáltam. Célunk a malomkövek felületén megőrződött fitolitok alapján a malomkövek által őrzött növényekről mind szélesebb információszerzés. A vizsgálatokra kapott malomköveket a beágyazó rétegektől menetesen, dörzsölés nélküli tisztítás után vettem át. A minta feltárása, előkészítése valamennyi általam vizsgált minta közül a legnagyobb kihívást jelentette, aminek okai a malomkövek nagy mérete, és az ezzel fordított arányosságot mutató speciális feltárási tapasztalatok voltak. Két objektumból előkerült, objektumonként 5 db minta került feltárára.

3.2. Minták laboratóriumi feltárása – fitolit extrakció

A fitolitok kinyerésére vonatkozó feltárási receptek jellemzően öt nagy csoportba sorolhatóak, melyek egy-egy tipikus megközelítést jelentenek (10. ábra).



10. ábra. A fitolit extrakciók csoportosítása a minták alapján (saját ábra)

A laboratóriumi munkák során végeztünk fitolit extrakciót recens növényekből (Twiss et al. 1969) és próbálkoztam egyesített feltárással is (Lentfer – Boyd 2000, Coli et al. 2003) melyek során a pollen és fitolit feltárást próbáltuk egyesíteni. Jelen munkámban azonban csak a bemutatásra kerülő minták feltárására fókuszálok, valamennyi fitolit extrakciós recept és alkalmazható technika bemutatása túl nagy terjedelmet igényelne.

A különböző korú, eltérő állagú minták feltárása eltérő megközelítést és módszereket, feltárási recepteket igényel. A következőkben a mintákat a feltárásuk szerint öt csoportba sorolva, a feltárási módszereket külön-külön ismertetem.

Talajok, üledékföldtani minták, régészeti objektumok betöltéseiből, azok különböző részeiből származó minták feltárása: A doktori értekezésemben vizsgált minták kb. 70%-ánál ezt a receptet alkalmaztam, valamint meg kell említeni, hogy a régészeti geológiai és környezettörténeti rekonstrukciók során gyűjtött minták túlnyomó többsége is ebbe a mintacsoportba tartozik. A fitolit feltárásának ez a módja nagy jelentőséggel bír, ezért rövid összefoglalásként és táblázatos módon (1. melléklet) érdemes áttekinteni az általam használt, saját tapasztalatok alapján módosított recept előzményeit.

A fitolit feltárási receptjeinek megvannak az állandó lépései (porítás, diszpergálás, szervesanyag és karbonátok elroncsolása, szemcseméret alapján történő szeparálás, flotáció nehéz folyadékkal, beágyazás) melyek tulajdonképpen jelentősen nem változtak az elmúlt évtizedek során.

Az egyik legfontosabb előrelépést a feltárások terén a $2,3 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű nehéz folyadék előállítását jelentősen megkönnyítő nátrium-poliwolframát ($\text{Na}_6\text{O}_{39}\text{W}_{12} \times \text{H}_2\text{O}$) por megjelenése jelentette (Hart 1988, Miller-Rosen 1992). Felhasználása nem volt előzmények nélküli, hiszen már a mikropaleontológiától kezdve (*Conodonta*-szeparáció, Krukowski 1988) a palinológiai feltárásokig (Munsterman – Kersthold 1996) igen széles körben használt vegyületről van szó. E készítmény segítségével előállított nátrium-polytungstat nehézfolyadékot [$\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}) \times \text{H}_2\text{O}$] jelentősen egyszerűbben, gyorsabban lehet elkészíteni, arról nem is beszélve, hogy sokkal kevésbé veszélyes anyagról van szó a korábban használtakhoz képest. Mivel megfelelő technikával a nehézfolyadék tisztítható, újra hasznosítható, a feltárási költségeket sem növeli.

A legfontosabb feltárási recepteket összefoglaló táblázat nem tartalmazza a teljes feltárási minden lépését. Ennek egyrészt terjedelmi problémái vannak, másrészt pedig nem tartozik szervesen a doktori értekezésemhez. Az eddig publikált feltárási eljárások többségének áttekintése, több recept kipróbálása után a legfontosabb tapasztalat a következő. A feltárások során igen jelentős szerepe van a feltárandó üledéknek. Egyszerűen nem lehetséges minden esetben változtatások nélkül átvenni bizonyos recepteket. Szükség van a kiválasztott

módszereknek az adott mintákhoz (és gyakran a laboratórium lehetőségeihez) való igazításáról. (Talán ez is magyarázat arra, hogy miért van igen jelentős számú procedúra használatban.) Természetesen a fő lépések megmaradnak, de a hozzáadott vegyszerek, vagy bizonyos lépések időtartama/ismétlése megköveteli a feltáró személy rugalmasságát és praktikus megközelítését. Igen nagy segítséget nyújt a különböző módszerek összehasonlítása (Lentfer – Boyd 1998, Parr 2002), vagy bizonyos lépések (pl.: centrifugálás időtartama) alapos kielemezése (Lentfer – Boyd 1999, Lentfer et al. 2003).

Mindezeket figyelembe véve az általam felhasznált módszer is tulajdonképpen egy módosított recept, melyek a saját tapasztalatok nyomán lett átalakítva. A recept elsősorban Dolores R. Piperno módszerére (Piperno 2006), valamint Marco Madella és társai által ismertetett (Madella et al. 1998) receptre épül. A feltárás lépései a következők:

1. 8 óra alatt a mintákat 105 °C-os kemencében légszárazra szárítjuk
2. a kiszáritott mintát dörzsmozsárban porítjuk
3. analitikai mérlegen a mintákból 5 g-ot két tizedes jegy pontossággal kimérünk egy feliratozott üveg pohárba
4. 5%-os calgon-oldatban (30 ml) rázógépen minimum 6 órát rázatjuk
5. a szuszpenziót 50 ml-es centrifuga tubusokba mossuk át
6. centrifugálás 3 percen át 3000 RPM mellett, majd dekantáljuk
7. a mintát 40 ml desztillált vízzel feltöltjük, majd ismét centrifugáljuk a már ismert értékek mellett
8. az előző két lépés ismétlése
9. a mintát üveg pohárba át kell mosni
10. elszívó fülke alatt 100 ml 30%-os hidrogén-peroxid fürdő (amíg a reakció le nem zajlik)
11. a szuszpenziót 50 ml-es centrifuga tubusokba mossuk át
12. centrifugálás 3 percen át 3000 RPM mellett, majd dekantáljuk
13. a mintát 40 ml desztillált vízzel feltöltjük, majd ismét centrifugáljuk a már ismert értékek mellett
14. az előző két lépés ismétlése
15. elszívó fülke alatt 30 ml 10%-os sósav hozzáadása
16. legalább 10 perc meleg vizes fürdő (92 °C)
17. a szuszpenziót 50 ml-es centrifuga tubusokba mossuk át
18. centrifugálás 3 percen át 3000 RPM mellett, majd dekantáljuk
19. a mintát 40 ml desztillált vízzel feltöltjük, majd ismét centrifugáljuk a már ismert értékek mellett
20. az előző két lépés ismétlése
21. 250 mikron szemcseátmérőjű szitán a mintát átmossuk
22. agyagfrakció leválasztása Atterberg-féle iszapoló hengerben
23. a minta szárítása 105 °C-os kemencében
24. minta porítása dörzsmozsárban
25. flotáció nehézfolyadékkal, 2,3 g/cm³ sűrűségű nátrium-polytungstat oldattal
26. Pasteur-pipettával a fitolitok összegyűjtése az oldat felületéről, majd feliratozott Eppendorf-csőbe helyezése
27. desztillált vízzel való átmosás centrifugában (3 perc/3000 RPM)
28. előző lépés ismétlése
29. az Eppendorf-csőbe pár csepp glicerint hozzáadása
30. fitolitok és a glicerint összekeverése, Eppendorf-cső lezárása

Tőzeg és koprolit minták feltárása: E minták feltárása a jelentős szerves anyag tartalom miatt kis részben eltér a fent ismertetett módszertől, mely módosítások más kutatók hasonló

mintákon végzett feltárási tapasztalatai alapján (Denham 2003, Mainland 2003, López-Buendía 2007, Bowdery 2007), valamint saját kísérletek eredményeként születtek.

A teljes feltárás menetét nem ismertetem újra, csak az eltéréseket, azaz az előző feltárás 9. és 10. pontja közé ékelődő, a szerves anyag és a huminsavak magas aránya miatt szükségessé vált beiktatni kilenc lépést, valamint meg kell jegyezni, hogy a koprolitok felületét lekapartam, hogy a talajból való fitolitszennyezést elkerüljem:

1. a hozzáadott hidrogén-peroxid mennyiséget növelni kell 150 ml-re, a minta igényeinek megfelelően, valamint különös óvatosságra van szükség a vegyszer hozzáadása közben, mert hajlamos az intenzív habképzésre
2. a szuszpenziót 50 ml-es centrifuga tubusokba mossuk át
3. centrifugálás 3 percen át 3000 RPM mellett, majd dekantáljuk
4. a mintát 40 ml desztillált vízzel feltöltjük, majd ismét centrifugáljuk a már ismert értékek mellett
5. az előző két lépés ismétlése, majd főzőpohárba történő átmosás
6. 40 ml 10%-os nátrium-hidroxid hozzáadása, 1 órás fürdő
7. a szuszpenziót 50 ml-es centrifuga tubusokba mossuk át
8. centrifugálás 3 percen át 3000 RPM mellett, majd dekantáljuk
9. a mintát 40 ml desztillált vízzel feltöltjük, majd ismét centrifugáljuk a már ismert értékek mellett
10. az előző két lépés ismétlése
11. 40 ml 96%-os ecetsav hozzáadása, fél órás fürdő formájában

Lösz minták feltárása: A löszből való mintavétel esetén lehetőség van a feltárás során a talajokra kifejlesztett receptek alkalmazására. Azonban, ha nem csak a löszfal paleotalajaiból, hanem a teljes szelvényből történik a mintavételezés, érdemes megfogadni az alábbiakat. A legkisebb mérettartományba eső fitolitok löszből való kinyerése érdekében érdemes a flotációt három lépésben elvégezni (Madella et al. 1998, Osterreith et al. 2009). A talajok esetében használt feltárás 22. lépésénél, az Atterberg-féle iszapolásnál nem csak az agyag frakciót választjuk le (2 mikron alatti részek), hanem három csoportba (250-62 mikron, 62-38 mikron és 38-2 mikron) bontva különválasztjuk a mintánkat, majd minden csoportot külön flotálunk a leírt módszer alapján. Így elkerülhető, hogy amennyiben vannak a mintában kisméretű fitolitok, ne vesszenek el.

Malomkövek felületéről történő fitolit extrakció: Ez az eljárás lényegében megegyezik a talajminták feltáráására használt módszerrel, azzal az eltéréssel, hogy az ecsettel megtisztított őrlőkő darabokat ultrahangos feltárással (Parr 2002) tisztítottuk felületenként 30 percen keresztül, 20 °C-os desztillált vízben áztatva. Az ultrahangos tisztítással a felületen megkötött fitolitok (melyek az őrlés során kerültek oda) felszabadíthatóak. A tisztítás után az üledék begyűjtésre majd szárításra került. Ezt követően történt a fitolitrakció már ismertetett menete.

Fog minta előkészítése: A swifterbaniti neolit korú sertés fog esetében nem történt valódi fitolit kinyerés, hiszen nem volt célunk a fitolitokat a fogról eltávolítani, csupán a

szennyeződésektől kívántam megtisztítani, hiszen a későbbiekben pásztázó elektronmikroszkóppal (Scanning Electron Microscope, SEM) vizsgáltuk. Ezt azért tettük, mert valószínűsítettük, hogy a fog felületén csak kevés fitolit található, így nagyobb eséllyel találjuk meg azokat in situ a fogon. A SEM használata során igen jelentős nagyítási tartománnyal gazdálkodhatunk, valamint a szemcsék elemanalízise alapján nem csak a formai jegyekre vagyunk utalva, hanem a fitolitokat jellegzetes elemtartalmuk alapján is azonosíthattuk.

A minta előkészítése a minta szennyezettségétől és méretétől függ, de a nemzetközi példák alapján a procedura lépései lényegében azonosak (Ciochon et al. 1990, Middleton – Rovner 1994, Gobetz – Bozarth 2001, Mainland 2003, Reinhard – Danielson 2005, Palombo et al. 2005, Sanson et al. 2007, Billet et al. 2009). Ezeket figyelembe véve a következő metodikát követtem, mely elsősorban a Ciochon-féle receptet (Ciochon et al. 1990) követi:

1. a minta áztatása 24 órán keresztül Alconox-oldatban
2. 3%-os sósavban történt enyhe rázatás 2 órán át
3. desztillált vizes öblítés
4. szárítás
5. a minta túl nagy mérete miatt 3 részbe történő repesztése majd rögzítése speciális ragasztóval fém mintatartókon
6. vákuum alatt történő aranyozás

A minta szétrepesztését nem csak a mérete indokolta (a SEM befogadóképessége határozza meg), hanem az is, hogy már az aranyozáshoz szükséges vákuumot sem sikerült előállítani a fog túlságosan is porózus szerkezete miatt.

3.3. Feltárt minták előkészítése, fitolitok számlálása, határozása

A vizsgálandó mintákat (a swifterbanti fog kivételével) a polarizációs fénymikroszkóppal történő határozás előtt 76 x 26 mm-es üveglapon rögzítettem. A tárgylemezt feliratoztam, majd a glicerinnel összekevert mintát az Eppendorf-csőből pipetta segítségével az üveglapra cseppenttem. Azonos mennyiségű glicerinnel hozzáadása után 22 x 22 mm-es üveg fedőlappal fedtem le, melyet a tárgylemezre színtelen lakkal rögzítettem. A glicerinnel való beágyazást azért alkalmazom, mert ebben lehetőség van a fitolitok mozgatására a megfigyelés során, ami igen jelentős segítség lehet határozáskor.

A mikroszkópia során az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékének Zeiss polarizációs fénymikroszkópját használtam, melyen Canon digitális kamera feltét található. A határozáshoz 500x nagyítást használtam, és minden minta esetében valamennyi előforduló fitolit típusról digitális felvételt készítettem.

A pásztázó elektronmikroszkóppal történő vizsgálatra előkészített sertés fogat az SZTE TTIK Hitachi S4700 mikroszkópjával vizsgáltuk Dr. Tóth Zsolt (MTA Lézerfizikai Tanszéki

Kutatócsoport) segítségével. A mintákon talált fitolitok elemanalízisét RÖNTEC XFLASH detektorral végeztük.

A polarizációs fénymikroszkóppal történő határozás során mintánként legalább 200 darab fitolit határozásra törekedtem. Ekkor tekinthető ugyanis a minta statisztikailag értékelhetőnek (Pearsall 1989). A malomkövek esetében az alacsonyabb fitolitszám miatt csak 50 darabot számoltam le. A határozás során a preparált minta teljes felületét soronként vizsgáltam, egyszeres ismétlés mellett.

A határozáshoz az SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszékén kialakított összehasonlító adatbázist használtam, mely a témákban megjelent publikációkra, valamint bizonyos növények esetében saját referencia anyagra épül.

A fitolitok méret, szín, jellemző formák aránya alapján történt értelmezései során Golyeva munkáira támaszkodtam (Golyeva et al. 1995, Golyeva 2001, 2001a), míg a jellegzetes klíma indikátor csoportokba történő formai besorolások esetében Twiss munkája (Twiss et al. 1969) volt az irányadó.

A fitolitformák leírásánál a nemzetközileg elfogadott *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (Madella et al. 2005) nevezéktanát alkalmaztam.

3.4. Felhasznált szoftverek

A terepi mintavételtől a laboratóriumi vizsgálatokon át, egészen a határozásig, minden lépés és megfigyelés jegyzőkönyvezve lett. Ezek papír alapon állnak rendelkezésre.

A digitális fotók feldolgozásához IrfanView és Corel Draw 11 és Photopaint 11 szoftvereket használtam. A digitális adatbevitel Microsoft Office szoftvercsomag segítségével, Word és Excel felhasználásával történt.

A statisztikai elemzések SPSS statisztikai szoftverrel történtek, ahol a hasonlósági vizsgálat (cluster analízis) során az Euklideszi távolságot vettük figyelembe.

Az eredmények megjelenítése során PSIMPOLL 4.27 szoftvert alkalmaztam (Benett, 1992).

4. VIZSGÁLATI LELŐHELYEK LEÍRÁSA

A doktori értekezésemben bemutatásra kerülő minták lelőhelyeinek elhelyezkedése, geomorfológiai, talajtani és geológiai viszonyait, valamint éghajlati adottságait, recens növényzeti viszonyait lelőhelyenként tárgyalom. A lelőhelyek régészeti jellemzése csak áttekintő jellegű. Az objektumok régészeti kronológiai besorolását minden esetben az

ásatásvezető régész végezte. A lelőhelyek részletes régészeti bemutatása meghaladja a jelen munka kereteit.

4.1. Katymári téglavetőben található löszszelvény lelőhelyének leírása

Elhelyezkedés. A katymári téglavető kb. 11 méteres löszfeltárása a Duna-Tisza köze déli részén, Katymár településtől kb. 2 km-re DNy-i irányban található (EOV koordináták Y=661443,07 X=74789,34). A feltárás a Bácskai-löszplatón, a Telecskai-dombok északi részén helyezkedik el (2. melléklet). A katymári löszterület a legvastagabb hasonló korú löszrétegek közé tartozik nem csak európai, de globális szinten is.

A szelvény kora. A vizsgált löszszelvény a legújabb radiometrikus kormeghatározási adatok alapján 32 és 13 ezer év (CAL BC) között fejlődött ki (Sümei et al. 2002), amit megerősített a későbbi kínai-magyar TÉT pályázat (2004) keretében elvégzett radiokarbon és termolumineszcens kormeghatározás is. Ezzel a szelvény kifejlődésének korát az alpi nevezéktan szerint a középső-würm végére és a felső-würmre, a németalföldi nevezéktan szerinti középső és késő pleniglaciális korra, Marine Isotope Stages 2-3 idejére tehetjük. A szelvény vastagsága szinte azonos a késő-glaciális során felhalmozódott észak-atlanti – környezettörténeti szempontból sztratotípusnak tekinthető - óceáni üledékes összlet (Bond et al. 1992) vastagságával.

Földtani adottságok. A szelvény egy változatos mikromorfológiájú, pliocén-pleisztocén korú hordalékkúp felszínén található, melyet a Dunántúli-középhegységből és a Mecsek irányából érkező vízfolyások alakítottak ki. A hordalékkúp felszínén valószínűleg a pleisztocén fiatalabb szakaszaiban kialakult futóhomok települt, de a felszínközeli uralkodó rétegeket a jelentős vastagságú, takaróként jelentkező eolikus lösz alkotja (Marosi – Somogyi 1990).

A területre jellemzőek továbbá a futóhomok buckák közti mélyedésekben, az erek mélyebb részein, valamint a löszös képződmények közelében kialakult édesvízi mészkő és mészszipar rétegek is (Mihály 1953).

A Bácskai löszplató kialakulásában a Tiszai árok déli szakaszán, valamint a Duna völgyében található neotektonikus süllyedékek kifejlődése játszott jelentős szerepet. E süllyedékek negyedidőszaki mozgása térben és időben eltérő intenzitású volt. Több elmélet is foglalkozik a Duna-Tisza közének negyedidőszaki fejlődéstörténetével (pl.: Molnár 1977, Rónai 1972, Sümei 1944), ám ezek részletes ismertetésétől eltekintek. Ami a doktori értekezés szempontjából a legfontosabb, azok a következő megállapítások. Kialakulás szempontjából a vizsgált terület az ország egyik legspeciálisabb területe, melyet a késő-glaciálisban igen jelentős változások értek. A Duna – mellékfolyóival együtt – a

negyedidőszak elején még a Duna-Tisza közti területen folyt keresztül (Miháltz 1953, Molnár 1967, Molnár – Krolopp, 1978).

A würm glaciális során a dunai neotektonikus részmedence süllyedésnek indult, és a folyóvízi tevékenység áthelyeződött a Solt-Bajai Síkság területére. A folyóáthelyeződés nem érintette a kiemelt helyzetű Bácskai löszplató területét, amely a kialakuló dunai allúviumhoz képest relatíve magasabb térszint foglalt el és a dunai allúvium fölé, mint magaspárt emelkedett (Jakab et al. 2004). A platóhelyzeténél fogva a löszterületen lejtőmenti áthalmozódással, kimosódások okozta réteghiánnyal nem számolhatunk, ezért a terület geológiai értelemben ideális porbefogó rendszert alkotott a pleisztocén végén, ahol a legteljesebb rétegsort kaphatjuk meg a löszképződés befejező szakaszaiból.

Éghajlat. A kistáj a meleg, száraz és a mérsékelt száraz éghajlati öv határán helyezkedik el, ahol az ÉK-i részek már kifejezetten szárazak. A napfénytartam évi összege meghaladja a 2100 órát. Fontos kiemelni, hogy a síkvidéki területeink közül itt mérik a legmagasabb téli besugárzást. A csapadék évi összege 580-610 mm, a vegetációs időszak átlag 330-360 mm. Az uralkodó szélirány a területen ÉNy-i (Marosi – Somogyi 1990). A környezettörténeti kutatások alapján (Sümei – Krolopp 1995, Sümei et al. 2002) megállapítható, hogy a területen már a pleisztocén végétől erős szubmediterrán hatás érvényesül csak úgy, mint napjainkban (Zólyomi et al. 1992). Ugyanakkor a Köppen-féle 'sztyepp klíma rövid csapadékos időszakkal (BS)' klíma gyakorisága is 40% feletti (Borhidi 1961, Bacsó 1959), így a terület a kontinentális, a szubmediterrán és az óceáni éghajlati hatások alatt áll.

Növényzet. A Duna-Tisza közti flórajárásba (Praematrium) tartozó potenciális erdőtársulásai a következők (Marosi-Somogyi 1990): borókás fehérfenyvesek (*Juniperus - Populetum albae*), pusztai tölgyesek (*Festuca - Quercetum roboris hungaricum*), sziki tölgyesek (*F. pseudovinae - Q. roboris*) és a tatárjuharos lösztölgyesek (*Aceri tatarico - Q. pubescenti roboris*). A nyílt társulások között a homokpusztai rétek (*Astragalo - Festucetum sulcatae*) és a magyar csenkeszes homokpuszták (*Festucetum vaginatae*) az elterjedtek. Gyakran előforduló lágyszárúak pl.: tartós szegfű (*Dianthus diutinus*), köhúr (*Minuartia glomerata*). A legújabb paleobotanikai vizsgálatok (Sümei et al. 2002, Jakab et al. 2004) alapján, a hátság területén mind a pleisztocén végén, mind a holocén során sztyepppei, erdőssztyepppei környezet dominált.

Talajok. A talajtakaró 18%-a homok fizikai féleségű, ahol a futóhomok részaránya 9%. A humuszos homoktalajok 6%-ot, míg a csernozjom jellegű homoktalajok 3%-ot tesznek ki. A legelterjedtebb talajtípus a löszön képződött csernozjomok, melyek az összterület 78%-át teszik ki (Marosi – Somogyi 1990). A szikes talajok kiterjedése szórványosnak nevezhető,

azonban a klímaváltozás eredményeképpen fellépő elsivatagosodás (dezertifikáció) igen jelentősen veszélyezteti a kistáj talajait (Pálfai 1994).

Vízrajz. A kiemelt helyzetű geomorfológiai egységek (pl.: a vizsgált löszfal) és a mélyebb helyzetű, periódikusan változó vízborítású (eltérő ritmusú áradmányvíz és talajvíz bevétele), mocsári-tavi rendszerek jelentősen eltérnek egymástól (Hupuczi 2005). Míg a kistáj jelentős részén a talajvíztükör magassága határozta meg a növényzet vízhez jutását, mely elsősorban az áradások során történt gyors beszivárgással pótlódott, addig a katymári téglavető egykori magaspártja esetében ez nem számottevő, mivel 11 méteres magasságával a talajvíztükör jóval a fásszárúak átlagos gyökérszóna alatt helyezkedett el, így a felszíni növényzetre ez nem lehetett hatással. Korábbi vizsgálatok bebizonyították (Jakab et al. 2004), hogy a talajvíz már a felső-würm kezdetén is 5 méternél mélyebben helyezkedett el. Ennek nyomán morfológiai okokkal magyarázható, hogy a viszonylag jelentős éves csapadékbevitel (580-610 mm) ellenére a löszplátón a löszsztyepp és erdőssztyepp vegetáció az uralkodó.

A vizsgált területen igen nagy jelentősége van a különböző szinten kialakult éghajlati és környezeti mozaikosságnak (Sümei 1996), mivel a mikro szinten fellépő mozaikosság jelentősen módosíthatja a makroszinten jelentkező adottságokat.

4.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás lelőhelyének leírása

Elhelyezkedés. A Szigligeti-öböl a Balaton-felvidék és a Keszthelyi-hegység között, Közép-Európa legnagyobb tavának (593 km²), a Balatonnak a partján található. A fúrást Szigliget és Balatonederics között (4. melléklet), az öblözetnek a parttól mintegy 100 m-re eső pontján (EOV koordináták X=524941 Y=163210) mélyítette Dr. Sümei Pál vezette csapat (Jakab et al. 2005). Mivel a Balaton egy nagy felületű (593 km²), ám sekély tó (3,3 m), melynek a vízbevétele elsősorban a csapadéktól és a felszíni hozzáfolyástól függ, igen érzékenyen reagál a környezeti és a klimatikus változásokra (Jakab et al. 2005). A rendelkezésre álló történeti és paleoökológiai kutatások alapján ismert, hogy a Balaton vízszintje a kialakulása óta jelentős fluktuációt mutat (László 1913, 1915, Lóczy 1913, Cserny - Nagy-Bodor 2000, Tullner – Cserny 2003, Jakab et al. 2005). E hidrológiai változásokra a vízi növényzet igen gyorsan képes reagálni. A mintavételi pont kiválasztásánál a fő szempontot az jelentette, hogy az egykori öblözetben sokkal karakteresebb *in situ* nyomokat hagytak a múlt vízszintingadozásai (pl.: vegetáció, karbonát- és foszfáttartalom, mikor- és makrofosszília tartalom, stb.), mint a tó belső, mélyebb területein (Jakab et al. 2005). Az első katonai felmérés térképei (un. „Jozefiánus” térkép, 1783-1786) alapján egyértelmű volt, hogy a terület a szabályozatlan Balaton parti zónájához tartozott (Sümei 2007, Sümei 2007a).

Földtani adottságok. A Balaton fejlődéstörténetével több szerző is foglalkozott (Lóczy 1913, Cholnoky 1918, Erdélyi 1985, Marosi-Szilárd 1981, Rónai 1969, German – Frank 1980, Bodor 1987, Zólyomi 1987, Cserny 2002, Jakab et al. 2005), közülük Cholnoky és a Marosi-Szilárd szerzőpáros a ma már meghaladott árkos vetődésű medergenezist feltételezte. A legújabb kutatások eredményeit összefoglalva azonban a következőként írható le a tómeder kialakulása.

A Balaton medrének kialakulás fokozatosan történt, több önálló tómedence nyugatról északkelet felé történő, a holocénban lejátszódó egyesülésével. A Keszthelyi- és Szigligeti-öböl kialakulása a késő-glaciális elejére (17 000-15 000 BP) tehető, melyet kb. 5000 évvel később a Balatonkenesei-öböl késő-glaciálisban történt kifejlődése követett. A keleti és a középső medence egyesülése 7500 éve, míg a két nagy öblözet egyesülése, azaz a Balaton kialakulása 4-5000 évvel ezelőtt történt. Zólyomi szerint a Balaton szigligeti medencéje a legidősebb (Zólyomi 1952, 1987), ahol a tó kialakulása óta folyamatos üledékképződés folyt.

A balatoni üledékek térbeli elhelyezkedése, kifejlődése jól ismert (German – Frank 1980, Zólyomi 1952, 1987, Cserny 1987, 2002, Jakab et al. 2005, Sümegi 2007b). A tavi üledékek maximális vastagsága 5 méter. A pannon korú rétegekre (melyek az északi parton jóval mélyebben helyezkednek el, mint a délin) a Balaton környezetének differenciált emelkedésével egy időben fellépő denudációs folyamatok (erózió, defláció) hatására, a tektonikailag preformált süllyedésekben a késő-glaciális során többnyire homok, kőzetlisztes homok rakódott le, az átmeneti szintben bazalt, dolomit vagy homokkő kavicsokkal. A nyugati és a középső medencében azonban tőzegképződés is folyt, ami során kialakult rétegek a tó közepéig követhetőek. A tőzeges rétegeket homokos, karbonátos tavi iszap fedi. Azonban meg kell jegyezni, hogy a holocénban történt üledékképződés a Balaton területén igen változatos képet mutat. Több helyen hiátus található, így folytonos üledék felhalmozódás csak a Szigligeti-öbölben található. Cserny kutatásai során sehol sem talált a tó kialakulása óta folyamatos üledékképződést (Cserny 2002).

Jelentős szerepe van a jellemzően északi széliránynak, melynek hatására kialakuló áramlások az iszapos üledékeket az északi, míg a homokos üledékeket a déli parton rakja le (Lóczy 1913, Vladár 1968).

Éghajlat. A kistájra jellemző, hogy a mérsékelten meleg, mérsékelten nedves éghajlat az uralkodó. A napsütéses órák száma meghaladja az évi 2000 órát. Az éves csapadék 670 - 700 mm, amelyből a tenyészidőszakra kb. 380 - 420 mm jut. Az uralkodó szélirány az északi (Marosi – Somogy 1990).

Növényzet. A Zala-flórajárásba (Saladiense) tartozó kistáj jelentősebb potenciális erdőtársulásai között a kőris-égerligetek (*Fraxineto pannonicae-Alnetum*), a tölgy-kőris-szil

ligeterdők (*Querc-Ulmetum*), a mészkerülő bükkösök (*Luzulo-Fagetum*), a mészkerülő tölgyesek (*Luzulo-Quercetum*), valamint a páfrányos égerligetek (*Carici-alongatae-Alnetum*) említhetők. A florasztikai szempontból meglehetősen egyhangú terület legjellegzetesebb lágyszárú fajai a sásfélék (*Carex fritsii*, *C. ericetorum*, *C. umbrosa*), a fehér perjeszittyó (*Luzula albida*), a genyőte (*Asphodelus albus*), a mocsári pajzsika (*Dryopteris cristata*), a lisztes kankalin (*Primula farinosa*), kereklevelű harmatfű (*Droseria rotundifolia*), a havasi hízóka (*Pinguicula alpina*). Az erdőművelésbe vont területeket vegyeskorú, elsődlegesen keménylombos, elszórtan fenyőerdők borítják (Marosi - Somogyi 1990).

Talajok. A legalacsonyabb térszínű területeket síklápok borítják; valamikor számos értékes lápi növényfaj speciális termőhelyei voltak, vízszabályozás és művelés nyomán több faj a kipusztulás szélére került. A művelés alá vont lápi talajok mezőgazdasági értéke csekély, termékenységük gyenge. Viszonylag jelentős a lápos réti talajok részaránya, amelyek homokos vályog mechanikai összetételűek, felszíntől karbonátosak. A réti öntések területi részaránya csekély (Marosi - Somogyi 1990).

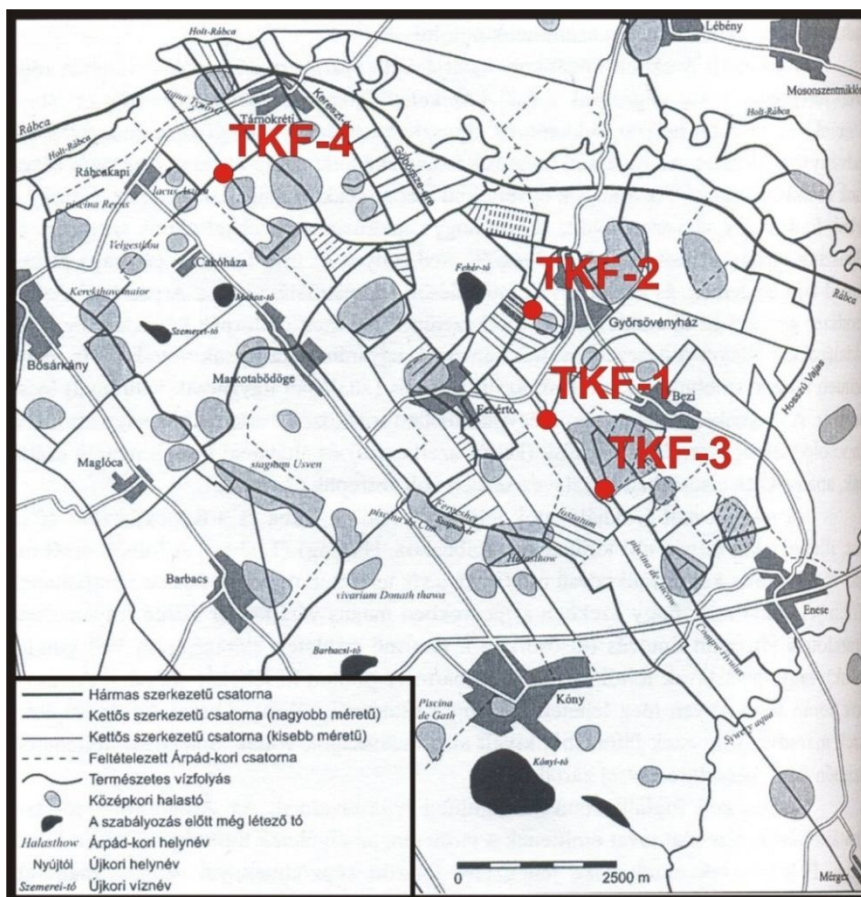
Vízrajz. A Balaton vízfelületéhez (593 km², átlagos hossza 78 km, átlagos szélessége 7,6 km), mint párolgó felülethez képest a befolyó vizek (Zala folyó és egyéb északi parti patakok) vízhozam mennyisége kicsi, így a víztömeg jelentős része csapadékból képződik. Tavasszal (hóolvadáskor) a tó áradni kezd, majd a nyár eleji tetőzés után őszi apadás figyelhető meg. Az emberi beavatkozás előtt 5-10 méteres vízszintingadozás is jellemző lehetett, azonban a vízszabályozást (1920-1970) követően ez 2 méter alá csökkent (Bulla 1962, Illés 1981, Jakab et al. 2005). A tó vize átlagosan 2,2 év alatt cserélődik ki (Szesztay 1967)

A Szigligeti-öblöt, mint egy napjainkban is feltöltődő balatoni öblöt öt kis vízfolyás torkolati szakasza tagolja: Lesence-, Világos-, Kétöles-, Tapolca-patak és az Eger-víz. A talajvizet 2-4 m között lehet elérni. Mennyisége csekély, mert a karsztos háttérből nem kap utánpótlást. Kémiaileg kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos jellegű (Marosi - Somogyi 1990).

4.3. A Tóközben mélyített fúrások lelőhelyének leírása

Elhelyezkedés. A bemutatásra kerülő fúrások [TKF-1 (EOV koordináták X=523065,84 Y=260376,37), TKF-2 (EOV koordináták X=523087,96 Y=261224,77), TKF-3 (EOV koordináták X=524460,81 Y=259402,93), TKF-4 (EOV koordináták X=518208,33 Y=264201,64)] a Csornai-sík kistáján, a Tárnokréti – Györsövényház – Bezi – Fehértó – Rábcakapi települések határolta területen mélyültek (4. melléklet). Maga a kistáj nagyobb részben magas-, kisebb ÉK-i és K-i részben alacsonyártéri helyzetű medencesíkság, amit Rábasebestől a Rába, Marcaltótól É-ra a Marcal feltöltődő völgye keresztez (Marosi –

Somogyi 1990). A vizsgált terület a Rába alluviális síkja által az északi részén elroncsolt hordalékkúp peremén és a Rába folyóhat magaslata között alakult ki (Sümei 2009). E terület az ún. „Tóköz” részét képezi, mely az Árpád-korban több mint száz halastónak adott otthont, melyeket jellegzetes kettes vagy hármas szerkezetű csatornák fűztek fel egy összefüggő rendszerre (11. ábra) (Takács 2001, Takács – Fülek 2003). A fúrások ezekbe a csatornába mélyültek.



11. ábra. A tóközi fúrások és az egykori csatornarendszer elhelyezkedése (Takács - Fülek 2003, saját módosítás)

Földtani adottságok. A Kisalföld medencéjének kialakulása a miocénben kezdődött (Rumpler - Horváth 1988, Vass et al. 1990, Magyar et al. 1999). Az Ős-Duna és mellékfolyói az alluviális síkot a pliocénben, mintegy 3 millió évvel ezelőtt kezdték feltölteni, majd a kora- és késő-pleisztocénben hatalmas hordalékkúpot halmoztak fel (Szádeczky-Kardoss 1938, Pécsi 1959, Jánossy – Krolopp 1994, Kaiser et al. 1998). A Kisalföld medencéjének mai arculatát, a Duna és mellékfolyóinak üledékei mellett, az eltérő ritmusú tektonikus süllyedések, valamint a folyószabályozások határozták meg legjelentősebben (Zámolyi et al. 2009).

A táj földtanilag a Rába É-nak dőlő, megsüllyedt hordalékkúp-lejtője, melyet jelenkori folyóvízi iszap, DK-en lápi és réti agyag, a rossz lefolyású teknőkben tőzeg, a teraszszigeteken dűnehomok borít. Alattuk zömében homokos-kavicsos pleisztocén

üledékréteg fekszik, melynek vastagsága a 350-500 m-t is elérheti (Scharek 1991, Gábris – Nádor 2007). A pleisztocén fluviális és eolikus üledékképződés volt a meghatározója a folyóvízi hátak, folyóhátak közötti mélyedések, terasz jellegű kifejlődések, valamint a teraszokat fedő eolikus képződmények (pl.: száraztérzíni lösz) kialakulásának. A fluviális hordalékkúp felszínét a későbbiekben az ÉNy-i szél átformálta (Sümegei 2009).

A pleisztocén és nem ritkán holocén folyóhátak mögött kialakult, lápos tavakkal, tavakkal, szabályozott területeken mocsarakkal kitöltött mélyedéseknek igen jelentős a szerepe a középkori vízgazdálkodásban, mint halivadék keltetők és halnevelők (Molnár – Sümegei 2007). A fúrások egy hordalékkúpon belüli, löszös, csernozjom talajjal fedett magasabb térszínnek által közrezárt mélyedésben, ún. mögöttes mocsár (backswamp) peremén helyezkednek el. E mélyedések már a jégkor végén kialakultak (Sümegei 2009).

Éghajlat. Mérsékelt hűvös, mérsékelt száraz kistáj, de már közel fekszik a mérsékelt meleg területekhez. A napfénytartam évi összege 2000 óra körüli. Az évi középhőmérséklet 9,5-10 °C között van. A csapadék évi összege 590-640 mm között van, amiből 340-370 mm esik a vegetációs időszakra. Az uralkodó szélirány ÉNy-i (Marosi – Somogyi 1990).

Növényzet. A Kisalföld flórajárásba (Arrabonicum) sorolódó kistáj legerjedtebb potenciális erdőtársulásait a fűz- és égerligetek (*Salicetum albae - fragilis*, *Alnion glutino - incinac*), a tölgy – kőris - szil ligeterdők (*Querceto - Ulmetum hungaricum*), kisebb területeken gyertyános kocsányos tölgyesek (*Quercus - robori Carpenitum hungaricum*) és gyöngyvirágos kocsányos tölgyesek (*Convallario - Quercetum roboris*) alkották. Az aljnövényzetben jellegzetes a sások (pl.: *Carex acutiformis*), a nagy csalán (*Urtica dioica*), a májusi gyöngyvirág (*Convallaria majalis*) előfordulása (Marosi – Somogyi 1990).

Az eltérő talajvízadottságok sorozatával, ún. hidroszeriesszel jellemezhető felszín alakult ki a területen. Ennek nyomán eltérő talajok és növénytársulások fedhették eredetileg a különböző térszíneket. A tavakat övező gyékényes, nádas, sásos láp és mocsárövek, majd puhafás és keményfás ligeterdő, valamint a ligeterdő felett a keményfás ligeterdő szárazságot jobban tűrő elemei (pl.: *Quercus sp.*, *Tilia sp.*) boríthatták a teraszok magasabb térszíneit. Ezeknek ma már semmi nyoma, mert emberi hatásra eltűntek (Sümegei 2009). Jellemző, hogy az általunk vizsgált egykori csatornarendszert összefüggő telepített fűzes kíséri.

Talajok. A táj talajtakarója nagyfokú változatosságot mutat, legjellemzőbb a területi kiterjedésük alapján a réti öntés, valamint a lápos réti talajok (Marosi – Somogyi 1990).

A területre jellemző továbbá, hogy az erdei növényzet visszaszorulásával, és ezzel egy időben az agrárterületek előretörésével, a talajok átalakultak. Mégpedig jellemzően a barna erdei talajok és a hidromorf talajok a kiszáritás és a folyamatos művelés hatására csernozjom jellegű talajjá alakultak (Sümegei 2009).

Vízrajz. A kistáj a Rába – Rábca és a Marcal vízrendszeréhez tartozik. Ma összesen 14 db természetes tava van, melyek összfelšíne 80,5 hektár. A talajvíz színtej a folyóvölgyekben 2 méter felett, azokon kívül 2 - 4 méter között helyezkedik el (Marosi – Somogyi 1990).

A felszíne kilépő talajvíz és az áradások nyomán megjelenő áradmányvizek jelentőségét bizonyítja, hogy a területről készült 18. századi térképeken is fel vannak tüntetve (pl.: első katonai felmérés térképei). Ki kell emelni, hogy a területen igen meghatározó a mesterséges vízrendszerek kialakítása, melyek már az újkori csatornaépítésekét évszázadokkal megelőzően egységes elvek szerint kialakított rendszerként működtek, és a 13.-14. valamint a 18. század során pusztultak el (Takács 2001, Takács – Füleký 2003).

4.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található vizsgálati lelőhelyek bemutatása

Elhelyezkedés. A mintavételi pontok, melyek az M43-as autópálya Makót ÉK-ről elkerülő szakaszának nyomvonalához köthetőek, három kategóriába sorolhatóak (5. melléklet). A területen egy löszszelvényt mintáztunk meg (Makó M43-25 szelvény, EOY koordináták Y=761271,08 X=100528,24), egy elhagyott mederbe történt zavartalan magkihozatalú fűrés mélyült (Makó M43-25-26 fűrés, EOY koordináták Y=761390.83 X=100530,45), valamint régészeti objektumokból történt mintavétel (Makó M43-25 objektumok). Ez utóbbiak esetében a pontos koordináták megadása a régészeti anyag publikálásakor, a régész kollégák által fog történni.

A mintavételi pontok a Csongrádi-sík kistájon, Makó városának határában helyezkednek el, a marosi hordalékkúphoz kapcsolódó, meglehetősen egyveretű felszíni formákkal rendelkező tökéletes síkságon (Marosi - Somogyi 1990).

Földtani adottságok. A vizsgált terület a Nagy Magyar Alföldön, az egykori Pannoniai-tó helyén alakult ki, mely a folyamatosan ide szállított hordalék lerakódása miatt a pliocén elejére már alluviális síksággá alakult (Pogácsás et al. 1988, Magyar et al 1999, Nádor et al. 2000, Nádor et al. 2005).

A vizsgált terület a Maros által épített legyező alakú hordalékkúp déli szegélyéhez tartozik, mely a pleisztocén során alakult ki. A kardoskúti Fehér-tó fűrésszelvényei alapján (Sümei et al. 1999, Sümei 2001) feltételezhető, hogy a terület felszínközeli rétegei a felső-würm kor kezdetén, a középső-würm végén halmozódhattak fel. A területen fonatos mederképződés zajlott, míg a hordalékkúp magasabb térszíneire eolikus homok, valamint öntéshomok települt.

A felső-würm kortól kezdődően a hordalékkúp felszínen jelentős vastagságú ártéri löszszerű üledék és infúziós lösz halmozódott fel. A felső-würm végén, a késő-glaciális kor

kezdeten a folyóvízi rendszerben egy jelentős változást lépett fel. A Maros folyó bevágódott a saját hordalékkúpjának déli peremébe és egyre szélesedő, de még pleisztocén korú allúviumot alakított ki. Ezen az allúviumon található a vizsgált területhez köthető régészeti lelőhelyek többsége (Sümegi 2009a).

Éghajlat. Meleg, száraz, de északon inkább mérsékelten meleg kistáj, míg DK-en már közelít a mérsékelten száraz típushoz. A napsütéses órák száma meghaladja a 2100 órát. A csapadék Makó közelében évi 550 – 580 mm közötti, amiből 320 – 330 mm esik a tenyészidőszakban. Az uralkodó szélirány az északi, de gyakoriak még a DK-i szelek is (Marosi – Somogyi 1990).

Növényzet. A kistáj a Tiszántúli flórajárásba (Crisicum) tartozik, ahol a napjainkra nagyrészt elpusztult, ősi potenciális erőtársulások a fűzligetek (*Salicetum albae – fragilis*), a tölgy – köris – szil ligeterdők (*Quercus – Ulmetum*), a pusztai tölgyesek (*Festuca – Quercetum roboris*) és a sziki tölgyesek (*Festuca pseudovinae – Quercetum roboris*). A területet zömében nyílt társulások fedik, mint a löszpusztarétek (*Salvia – Festucetum sulcatae tibiscense*), a homoki legelők (*Achillea – Festucetum pseudovinae australe, Artemisia – Festucetum pseudovinae australe*). Jellegzetes lágyszárúak például az osztrák sárkányfű (*Dracocephalum austriacum*), földbentermő here (*Trifolium subterraneum ver. brachycladum*), mirigyes kakascímer (*Rhinanthus rumelicus*) (Marosi – Somogyi 1990).

Talajok. Az átlagostól eltérően kiterjedt méretű kistáj talajtakarója nagy változatosságot mutat. A talajtakaró összfelületének 80%-át a csernozjom talajtípusok teszik ki, melyek között a legjelentősebbek mélyben sós csernozjom talajok (52%), a nem szikes réti csernozjom (19%), valamint a mészlepedékes csernozjom talajok (6%). Jelentős továbbá a löszös alapkőzetén kialakult szikes talajok kiterjedése is (18%) (Marosi – Somogyi 1990). Ez utóbbi talajtípus volt a jellemző a vizsgált lelőhelyek egy részén is.

Vízrajz. A Maros a negyedik legjelentősebb vízfolyás a Kárpát-medencében vízgyűjtőterületét (30.332 km²) és legnagyobb vízhozamát (2420 m³/s) tekintve (Oroszi 2009). A Maros vízhozamával, egykori és jelenlegi medreivel, valamint hordalékával igen jelentős szerepet játszott a kistáj kialakulásában, történetében. Nagyon fontos kiemelni, hogy a folyó utolsó szakaszát teszi meg Makó határában, mielőtt eléri a Tiszát. Ebből az következik, hogy a folyó vízállását elsősorban a vízgyűjtő egyéb területein lehullott csapadék határozza meg. A Maros vízgyűjtőjére a nyugati szelek hozzák a legtöbb csapadékot, de a mediterrán és kelet-európai légtömegek is hatással vannak rá. A vízgyűjtőt övező hegykoszorú jelentősen befolyásolja a csapadékviz viszonyokat, hiszen csupán az északnyugati oldalon alacsonyodik le 500-1000 méterre, így elsősorban az onnan érkező légáramlatok akadály nélkül juthatnak a medence belsejébe. Ezért a nyári félévben az Atlanti-óceán felől

érkező légáramlatok hatására a medence bőséges esőzést kap, míg télen a délről érkező esőkből a vízgyűjtőre viszonylag kevesebb csapadék jut (Csoma 1975, Oroszi 2009).

A Maros vízjárását a csapadék mellett a fajlagos lefolyás és az összegyülekezés körülményei határozzák meg. A fajlagos lefolyás értéke a domborzattól, növényborítottságtól és a talajviszonyoktól függően igen változó (Csoma 1975, Oroszi 2009). A Marosnak évenként két jelentős áradása van (tavaszi és a nyári zöldár). Állóvizei közül 8 természetes (27 ha felszín) és 14 mesterséges (400 ha felszín) tavat különíthetünk el. A talajvíz 2-4 méter között helyezkedik el (Marosi – Somogyi 1990).

4.5. A solti Tételhegy lelőhelyeinek bemutatása

Elhelyezkedés. A lelőhely Solttól mintegy 2 kilométerre délkeleti irányban, a Tételhegy északi oldalán helyezkedik el (6. melléklet), ahol a mintavétel két alkalommal történt, a régészeti ásatások két egymást követő ütemében. A mintavételre kijelölt objektumok geodéziai pontosságú leírása a régészeti dokumentációban olvasható.

A Tételhegy, hasonlóan az apostagi lelőhelyhez, a Solti-sík kistájon helyezkedik el. A Tételhegy az ártéri síkságból és szikes laposokból eróziós tanúhegyként emelkedik ki (Marosi – Somogyi 1990). A Tételhegy kiemelkedése és a Duna közelsége ideális megtelepedési helyet biztosított az itt élt emberi közösségeknek.

Földtani adottságok. A Tételhegy (Tétel-halom) földtani munkában először Halaváts György munkájában kerül említésre 1895-ben (Halaváts 1895), majd Sümeghy és Pávai-Vajna is írt a terület felépítéséről (Sümeghy 1952, Pávai-Vajna 1951). Az első, harminc méteres geológiai fúrást a Tételhegyről Sümeghy közölte 1953-ban (Sümeghy 1953).

Nagyrészt ennek a fúrásnak az eredményeire alapozva alakult ki az a későbbiekben uralkodóvá vált elképzelés, miszerint a Tételhegy „a Duna által a Mezőföld pereméről levágott eróziós tanúhegy” (Marosi – Somogyi 1990). Erre két fontos bizonyítékot találtak (Molnár 1967a). Egyrészt kimutatható az a vörös agyag (egykori talajszint), mely a Mezőföldön és Dél-Dunántúlon mélyített fúrásokból is előkerült. Ez az egykori mediterrán jellegű klímában, süllyedéstől, folyóvízi eróziótól és feltöltéstől is mentes területen kialakult üledék a pliocén – pleisztocén határt jelöli. Másik fontos bizonyíték, mely a Tételhegy tanúhegy jellegét bizonyítja az a megmaradt mezőföldi felszín. A Tételhegy esetében pedig még kövületes felső-pannon homokkő is van a felszínen (Molnár 1967a, de mind a mai napig megfigyelhető terepbejárás során), mely nem az emberi tevékenység hatására került elő.

A Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) támogatásával megvalósuló Jedlik Ányos program (NKFP-B4-2006-0007) keretében a Nagy Balázs vezette kutatócsoport

azonban újraértelmezte a Tételhegy földtani kifejlődését (Nagy et al. 2010), ami alapján a következő megállapításokat tehetjük.

A lelőhelyeknek otthont adó Tételhegy a Duna neotektonikus völgyében helyezkedik el (Molnár 1967a, Molnár 1977, Rónai 1981, Rónai 1986, Fodor et al. 2005), melyet a folyó a pleisztocén során foglalt el. A Tételhegy „mezőföldi eredetét” azonban az újabb vizsgálatok cáfolni látszanak (Nagy et al. 2005). A korábban egységes horizontként leírt vörös agyagos réteg kifejlődése igen jelentős eltéréseket mutat, hovatovább egyáltalán nem található a halmon egységesen átmenő rétegződés. Ezen kívül a földtani kifejlődés során tapasztalható „horizontális és vertikális diverzitás arra utal, hogy a hegy anyaga olyan akkumulációs térszínen és olyan településben halmozódott fel, ami az alluviális felszínnek közül a hordalékkúpok sajátossága” (Nagy et al. 2005). Az egykori Duna hordalékkúpján folyóvízi eróziós elkülönüléssel alakult ki, mikor az ős-Duna nyugati irányba tolódott el. A Tételhegyet körbefutó egykori medrek ma is jól kivehetőek. A hordalékkúpba bevágódó vízfolyások miatt a Tételhegy felszíne fokozatosan kiszáradt, azonban változatos morfológiáját megtartotta. Így lehetséges, hogy a viszonylag kis területen ilyen változatosságot találunk, hiszen a megfelelő talajnedvességű területeken vörösayag képződhetett, más mélyedésekben pedig édesvízi dolomitos mészkőrétegek alakultak ki. Több mélyedést eolikus üledék (homok, lösz) borított be. Fontos megemlíteni, hogy e folyamatok térben és időben is több ritmusban játszódhattak le.

A Tételhegy „hordalékkúp háttérű, eróziós maradványhegy-eredetét” az alábbi nyomok bizonyítják (Nagy et al. 2010): réti mészkő pados – lencsés kibukkanása, heterogén rétegződés, megváltozó vízháztartású üledékképződési környezetet jelző vörösayagok változatos térbeli kifejlődése, valamint a deráziós völgykezdeményekhez nem igazodó (azok alatt elhelyezkedő) medermaradványok jelenléte.

Éghajlat. A kistájra jellemző a mérsékelt meleg, száraz éghajlat. Az évi napfénytartam meghaladja a 2100 órát. A csapadék évi összege 550-580 mm között várható, melyből 330 mm körül hull a tenyészidőszakban. Az ÉNy-i az uralkodó szélirány a Tételhegyen (Marosi – Somogyi 1990).

Növényzet. A kistáj az Alföldi flóraidék (Eupannonicum) Mezőföldi flórajárásba (Colocense) tartozik, ahol a potenciális erdőtársulások között a borókás-nyárasok (*Junipereto - Populetum albae*), a tölgy – kőris - szil ligeterdők (*Quercetum - Ulmetum hungaricum*) és a gyöngyvirágos tölgyesek (*Convallario - Quercetum roboris danubiale*) a jellemezőek (Marosi – Somogyi 1990). Gyakoriak a nyílt társulások, mint a homokpusztarétek (*Astragalo - Festucetum sulcatae*), az ürmös szikes puszta (*Artemisia - Festucetum pseudovinae*). Lágyszárú fajok közül jellemző például a sovány csenkesz (*Festuca pseudovinae*), a sziki árpa

(*Hordeum hystrix*), a sziki lórum (*Rumex stenophylus*) és az útifűfélék (*Plantago sp.*) (Marosi – Somogyi 1990).

Talajok. A kistájon talajadottságai nagy változatosságot mutatnak, 11féle talajtípus különíthető el (Marosi – Somogyi 1990). A legnagyobb területen a réti csernozjom talajok találhatók (27%), melyek között a mélyben sós változatok 21%-ot tesznek ki. Jellemzőek továbbá a szikes talajok is, melyek jórészt természetvédelmi területként vannak nyilvántartva (Marosi – Somogyi 1990).

A Tételhegyen a löszön képződött csernozjom talaj a meghatározó az ásatás területén, ám a tanúhegy közelében hidromorf és szikes talajú területek is találhatók.

Vízrajz. A terület a Duna folyó közelében, egy csatornákkal jól ellátott, rendszeresen öntözött területen helyezkedik el. A Duna közelsége meghatározó volt, napjainkban pedig a folyószabályozás után megmaradt holtágak jelentősek. A Tételhegyhez legközelebb az azt Ny-ról elkerülő Száraz-ér található, ám a tanúhegy környezetében számtalan elhagyott folyómedret találhatunk.

A talajvíz átlagosan 2-4 méter mélyen található (Marosi – Somogyi 1990), azonban a Tételhegyen ez az érték magasabb, mivel a tanúhegy kb. 15-17 méterrel emelkedik környezete, a dunai allúvium fölé.

4.6. Az Apostag határában lévő lelőhely bemutatása

Elhelyezkedés. A lelőhely (M51-01 Apostag – Hetényi-rész 1. Felület (2005)), ahonnan a vizsgálatra került szarmata kemence (204. objektum) előkerült, Apostagtól DK-re, kb. 1 kilométer távolságra (7. melléklet) helyezkedik el. A lelőhelytől a fent ismertetett solti Tételhegy is légvonalban kb. 10 kilométerre található déli irányban. A két terület azonos kistájon, a Solti-síkon fekszik (Marosi – Somogyi 1990).

A lelőhely bemutatása részben eltér az előzőektől. A környezeti feltételek (földtani adottságok, éghajlat, potenciális növényzet, talajadottságok, vízrajz) nagyon hasonlóak a Tételhegy lelőhelyéhez, így csak a különbségekre térek majd ki. Az eltérő megközelítést indokolja továbbá, hogy a vizsgált kemencével kapcsolatban elsősorban a tüzelőanyag összetételére voltunk kíváncsiak, nem pedig környezetrekonstrukcióra törekedtünk. Mivel a mintavétel több pontból, a kemence metszetéből történt, a lelőhely környezetének leírása helyett célszerűbbnek tartom a vizsgált objektum részletesebb bemutatását, melyre Rosta Szabolcs ásatásvezető régész jóvoltából van is lehetőségem.

Földtani adottságok. A legfontosabb eltérés a Tételhegyhez képest, hogy a lelőhely nem egy tanúhegy kiemelkedésén található, ugyanakkor szintén egy futóhomokkal, lösszel fedett hordalékkúp felszín, a Dunától kb. 2,5 kilométerre, annak magas árterén.

A Duna-Tisza közén a futóhomokmozgás több ciklusban is megindult (Borsy 1977, 1977a, Sümegi – Lóki 1990, Krolopp et al. 1995, Gábris 2003, Sümegi 2005) természetes vagy emberi hatásra, sőt, napjainkban is jelentős károkat okoz (Szatmári 2004). Azonban biztosan kijelenthető, hogy a császárkorban, a szarmaták megtelepedésekor ez utóbbi hatás volt a homokmozgások legfőbb oka (Nyári – Kiss 2005). A vizsgált kemence lelőhelyének közvetlen közeléből (Apostag-Szilas kelet, valamint az Apostag-Hetényi rész) vett minták OSL mérésekkel korolt vizsgálatát végezték el a SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén (Nyári et al. 2006). Eredményeik alapján az első homokmozgás a késő-glaciálisban történt, majd a holocén során három további főfázist (BP 1630 ± 18, BP 1147 ± 42, BP 765 ± 28) sikerült elkülöníteniük.

Az Apostag-Hetény lelőhelyen tárták fel Bács-Kiskun megye eddigi legnagyobb avar települését, melynek végéből kerültek elő a szarmata települések nyomai is, köztük a vizsgált kemence. Az OSL adatok alapján a 4. században, a szarmaták idején is volt futóhomokmozgás, melynek oka a nagyállattartó szarmaták túllegeltetése, melynek során homokbuckák növényzete már nem tudta megkötni a homokbuckák anyagát, így az a szél hatására mozgásba lendült (Nyári et al. 2006). Érdekes, hogy a történelemben (XIII. és XVIII. században) is folyamatosan jelen volt ez a napjainkban is meghatározó szerepet játszó probléma a Duna-Tisza közén (Sümegi 2001a).

Vízrajz. A solti Tételhegyhez képest (relatív magas kiemelkedés) a terület sokkal jobban ki volt téve a Duna áradásainak, mely három vízbevétele maximummal jellemezhető a tavaszi olvadásokhoz, valamint a nyári és őszi csapadékbevitelhez köthetően.

A vizsgálat tárgyát képező szarmata kemence (204. objektum) ismertetése az ásatási napló alapján. A kemencét teljesen feltárták. Az építés a következőképpen történhetett:

Egy korábbi földbe mélyített kemence (?) enyhén szűkülő szájú, ívelt gödrét kb. 20 cm-es vastagságban homokkal feltöltötték, melyre agyagból kemencét építettek. A kemence nyílása D-DK 12°-ra állt. A gödör a szürke altalajba mélyedt, alján és oldalán is kemény, határozott fallal (talán a döngölés/égetés eredményeképpen). Az alsó kiegyenlített homokra 12-15 cm-es agyagréteget hordtak, melyből a kemence alja és a sütőfelület is kialakításra került. Ezt a felületet döngölték, míg a meghosszabbított platnit törött kerámiákkal borították, majd 1-2 cm vastag agyagréteggel leiszapolták, végül újra kerámiákat építettek bele. A kerámiaborítás nem éri el a kemence falát, de túlnyúlik a sütőtér szélénél. A platni az egykori járószint magasságát majdnem eléri. A kemence felépítése után a gödör fala és a kemencefal közti hézagot szintén sárgásbarna homokkal töltötték fel.

A kemence külső járósintre épített kültéri kemence volt, nem házon belüli. A platniba épített kerámiák törmelékek, restaurálásuk sikertelen, csak azt lehet megállapítani, hogy szarmata korúak.

A lelőhely nagy részén a földművelés tönkretette az eredeti járósintet, de a kemence közelében megmaradt, ami annak köszönhető, hogy a lelőhely felett egy dűlőút húzódik, így a mezőgazdasági munkálatok nem érintették. A járósintből karólyukakat bontottak ki a feltáró régészek, ami alapján valamilyen könnyűszerkezetű fedélszéket feltételezhetünk, mely a kemencének nyújtott védelmet.

4.7. Az MO autópálya déli szektorának lelőhelyei (Ecser, Üllő)

Elhelyezkedés. Patay Róbert Pest megyei régész jóvoltából az MO autópálya déli szektorának építését megelőző ásatások során feltárt objektumokból kaptam mintákat fitolitelemzésre (Persaits 2010). E minták egy része az Ecser-6, Ecser-7 lelőhelyekről kerültek elő, melyek Ecser település keleti határában találhatóak. Az Üllő nyugati határában található Üllő-5 lelőhely szintén szolgáltatott vizsgálati anyagot. A lelőhelyek egymáshoz képest 10 kilométeres távolságon belül találhatóak (8. melléklet), és mindkettő a Pesti hordalékkúp-síkság kistájnak a keleti határán helyezkedik el (Marosi – Somogyi 1990), igen eltérő adottságú (morfológia, geológiai felépítés, talaj- és növényzeti adottságok), mozaikos felépítésű kistájakkal határolva. A mozaikosságot, a geológiai változatosságot fokozza, hogy a kistájon található továbbá a Duna-Tisza vízválasztó vonal is.

A vizsgált terület egy fontos társadalmi csomópontja volt ez a Kárpát-medencében élt egykori emberi közösségek számára, hiszen itt futottak össze középhegységi és síksági területek határán futó kereskedelmi útvonalak, ráadásul az ősi dunai átkelőhelynek számító Csepel-sziget is a közelben található (Sümegi – Páll 2010).

Földtani adottságok. A Duna-Tisza köze Pesti hordalékkúp-síkság kistájának földtani viszonyairól már Halaváts Gyula is említést tesz (Halaváts 1895). Sümeghy József vezette alföldi kutatófúrások alapján azonban kirajzolódik, hogy a felszín változatossága a földtani felépítésben is hasonló mértékű (Sümeghy 1952). Ecser alatt fut bele az ópleisztocén – levantei (pliocén) kavics a Duna - Tisza közti magashát rétegsorába. Ugyanakkor az üllői kutatófúrásokban már ez a kavics nem mutatható ki, mert a pleisztocén rétegek alatt közvetlenül a pannon üledékek jelennek meg (Sümeghy 1952).

A Pesti hordalékkúp-síkság kialakítása a Duna hordalékkúp-építő tevékenységéhez köthető, mely a pliocén kortól folyamatos (Borsy 1990, Pécsi 1959). Ekkortól a Duna a középhegységi zónából kilépve, a süllyedő alföldi területen jelentős méretű legyező formájú hordalékkúpot épített (Sümegi – Páll, 2010). A teraszképződés csak a Pesti síkságon, az

alföldi peremen zajlott (Sümeghy 1952), azonban a legidősebb teraszok kialakulása, üledékanyagának származása napjainkban vitatott kérdés (Burján 2000).

A dunai hordalékkúp felépítésének változatosságát növelték a negyedidőszaki éghajlatváltozások (glaciális-interglaciális váltás) okozta eltérő ritmusú bevágódások, melynek eredményeképpen a halmokban, teraszokban homok, kavics- és agyagréteg alakult ki egymás mellett és felett, a magasabb térszíneken pedig lösz rakódott le (Sümegei - Páll 2010).

Az Ecser-6 és 7 lelőhely közelében a SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszéke zavartalan magkihozatalú geológiai fúrást mélyített (Sümegei – Páll 2010), melynek eredményeire a későbbiek során támaszkodni fogok.

Éghajlat. A kistáj középső részén a mérsékelt meleg, száraz éghajlat uralkodik (Marosi – Somogyi 1990). Az évi napfénytartam 2000 óra alatti, míg a csapadék 550-580 mm, ám meg kell jegyezni, hogy a kistáj északi, középhegység peremi és délkeleti, alföldi részei között közel 50 mm-es eltérés adódhat az évi csapadékbevitelben. A vegetációs periódusban 300-330 mm csapadék jelentkezik (Marosi – Somogyi 1990).

Növényzet. A vizsgált terület az Alföld flóraidéke (Eupannonicum) Duna-Tisza közti flórajárásba (Praematricum) tartozik. Potenciális erdőtársulásai a borókás nyárasok (*Junipero – Populetum albae*), a tölgy-kőris-szil ligeterdők (*Quercus – Ulmetum hungaricum*), a kőris-éger láperdők (*Fraxino pannonicae – Alnetum hungaricum*) és a gyöngyvirágos tölgyesek (*Convallario - Quercetum roboris danubiale*). A lágyszárúak közül jellegzetesek a rozsnokfajok (*Bromus* sp.), a sásfélék (*Carex* sp.), a csenkeszfélék (*Festuca* sp.) vagy pedig a homoki árvalányhaj (*Stipa borysthénica*) (Marosi – Somogyi 1990).

Talajok. A kistáj területének jelenleg 27 %-át a főváros beépített területe foglalja el. A talajok jelentős része a Duna homokos hordalékkúpján képződött, jellemzően futóhomok (8%) és humuszos homok (19%). A kistáj keleti, magasabban fekvő részein a barnaföldek is jelentős területet foglalnak el (26%) (Marosi – Somogyi 1990). A vizsgált területen löszös, valamint glaciális alluviális üledékeken képződött réti talajok és Ramman-féle erdőtalajok a meghatározóak (AGROTOPO adatbázis).

Vízrajz. A kistajat a Gödöllői-dombság irányából a területre egymással párhuzamosan érkező patakok tagolják. A talajvíz mélysége az északi irányból dél felé haladva egyre kisebb. Az északi területekre jellemző 6 méter helyett a kistáj déli részén már 2 méteren található (Marosi – Somogyi 1990).

4.8. A Kemenespálfa - Zsombékos lelőhely bemutatása

A vizsgált lelőhelyről előkerült malomkövek vizsgálata során az egykor örölt növényekről szeretnénk volna információt nyerni. Ez azt jelenti, hogy nem a lelőhely környezete, hanem a

malomkövekkel megőrlendő növények kerültek a vizsgálat fókuszába. Ezekkel az adatokkal viszont áttételesen a környezetre is következtethetünk, mert az őrlőkövekkel elsősorban lokálisan termesztett növényeket törtek meg, és a termesztett növények környezeti igénye alapján bizonyos mértékig az egykori környezetet rekonstruálhatjuk.

Kemenespálfa a Kemenesalja kistájon helyezkedik el (Marosi – Somogyi 1990). A lelőhely (Vas–Kemenespálfa–9-0149 Boba-Ukk deltavágány rehabilitációja) leírását az ásatási jelentés alapján közlöm, melyet Farkas Csilla ásatásvezető régész (Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága) bocsátott a rendelkezésemre (Farkas 2008), amiért ezúton is köszönetet mondok.

A lelőhely Vas megye keleti határán, a Marcal folyó bal partján található, Kemenespálfa határában, egy zsombékos, tőzeges lápos terület kissé kiemelkedő platószerű, partján (9. melléklet). Feltehetően ez az alacsonyabban fekvő terület a Marcal árteréhez tartozik, de ma már két mesterséges csatornát is kiépítettek rajta. A lelőhely középső és déli végét az újkorban földkitermeléssel bolygatták, elpusztítva így több települési objektumot is. Az egykori bányagödrök helyén ma egy fás, bokros terület található.

A malomkövek egy része (49. objektum) kelta korú, míg a másik (31. objektum) a lelőhely 9-11. századi megtelepülési ciklusából származik, ami a kora középkorra tehető (a leletanyag teljes körű feldolgozása után a régészeti kronológiai besorolás tovább pontosítható lesz). A malomkövek beágyazási körülményeiről, a közeléből előkerült régészeti jelenségekről a jelentés az alábbiakat tartalmazza:

„Egy kőkemencés házat és több, a szántással bolygatott, tüzelésre, tűzhelyre utaló bazalt kövekből álló halmokat figyeltünk meg. Emellett tároló vermek kerültek elő, melyeket az omlékony homokos, sóderes altalaj miatt kisároztak, illetve néhány gödörben elszenesedett famaradványokat figyeltünk meg, tehát valamiféle egyéb tároló szerkezetet is használtak. Az objektumok nagy része meghatározhatatlan funkciójú gödör, vagy cölöphely. A leletanyag nagy része kerámia, állatcsont, de több csonteszközt, néhány vastárgyat, csiszoló követ, malomkövet, és esetleg tűzcsiholásra használt kovát is találtunk” (Farkas 2008).

Földtani adottságok. A lelőhely a Rába jobbparti kavicstakaróján helyezkedik el (Ádám 1962). A pliocén és a pleisztocén során hatalmas mennyiségű kavicsos hordalékot halmoztak fel Nyugat-Magyarország területén az Alpok felől érkező vízfolyások. A legnagyobbak az Ős-Rába és a Rába kavicstakarói, melyek megjelenése a felsőpannon végére tehetőek. A felsőpannon agyagos-homokos képződményeire keresztrétegzett homok települt már a pliocén folyamán (Sümeghy 1953a, Sümeghy 1955, Lovász 1975, Kretzoi – Pécsi 1979, 1982). A pleisztocén során a kavicstakaróra eolikus eredetű üledék rakódott le, melyből helyenként vályogosodott. Gyakoriak a száraztérzíni és az áthalmozott löszszerű üledékek is.

A nyugat-magyarországi kavicstakarók igen gazdagok periglaciális formakincsekben. Gleiszoliflukció hatására a kavicsanyag áthalmozódott. Magában az áthalmozott kavics anyagban gyakoriak a krioturbációs formák (fagyerek, fagyékek, fagyzsákok, poligonok) (Sümegei et al. 2010).

Éghajlat. A kistáj a mérsékelt hűvös és mérsékelt száraz területhez tartozik, azonban Kemenespálfa már a mérsékelt nedves övezetbe tartozik (Marosi – Somogyi 1990). A napfényes órák száma átlagosan 1950-2000 óra között van évente, míg az évi középhőmérséklet 9,5 és 10 °C között változik. Az éves csapadék 640-690 mm közötti (Marosi – Somogyi 1990).

Növényzet. A kistáj a Kisalföldi (Arrabonicum), a Bakony-vértesi (Vespremiense), a Zalai (Saladiense) és az Elő-alpi (Castrifericum) flórajárások találkozásának mentén helyezkedik el. Potenciális erdőtársulásai közé tartoznak a gyertyános kocsányos tölgyesek (*Quercus robur-Carpinetum*), a gyertyános kocsánytalan tölgyesek (*Quercus petraeae-Carpinetum*). Lágyszárúak közül tömeges előfordulású a ciklámen (*Cyclamen purpurascens*), a tavaszi kankalin (*Primula vulgaris*) vagy a tarka lednek (*Lathyrus venetus*).

Talajok. A kistáj 80%-át erdőtalajok borítják. Ezen belül a legnagyobb arányban a periglaciális üledéken képződött agyagbemosódásos barna erdőtalaj fordul elő (Marosi – Somogyi 1990). Kemenespálfa határában azonban (hasonlóan a kistáj Marcalba futó völgyeihez) a lápos réti talajok is megtalálhatóak.

Vízrajz. A vizsgált terület a Marcal árterének közelében helyezkedik el, ahol a talajvíz 2 méternél kisebb mélységben található (Marosi – Somogyi 1990).

4.9. A hollandiai Swifterbant melletti neolitikus lelőhely bemutatása

Elhelyezkedés. A vizsgált lelőhely a Holland Királyság Flevoland tartományában található Swifterbant településtől kb. 3 kilométerre nyugati irányba (10. melléklet). A tartomány ezen része az Oostelijk Flevoland polder része, melynek területét 1959-ben sikerült elhódítani az Északi-tengertől. A polder kiszárítása után váltak ismertté a mezolit és neolit korú (4300-4000 cal. BC) lelőhelyek tucatjai (Van der Waals – Waterbolk 1977). E lelőhelyek közül a Swifterbant S4 lelőhely (Huisman 2009) mintáit vizsgáltam, ahonnan talaj monolit, koprolit valamint sertés fog mintákat kaptam, melyek a neolitikus Swifterbant-kultúrából származnak.

Földtani adottságok. A vizsgált terület a késő pleisztocén során, az Északi-tenger helyén lévő Doggerlandnak nevezett félszigettől délkeletre, mélyen az akkori szárazföld belsejében, több száz kilométerre a tengerparttól helyezkedett el (Fitch et al. 2005). A mezolitikus halászó-vadászó-gyűjtögető népesség egy erdővel borított (Out 2008) síkságon élt. A pleisztocén végén kezdődő felmelegedés hatására megolvadó gleccserek vére megemelte a

tengerszintet, így a szárazföld határa fokozatosan délre tolódott. Doggerland kezdetben szigetként emelkedett ki az Északi-tengerből, majd teljes elöntés alá került (Fitch 2005). Egyes kutatók Doggerland elöntését egy katasztrofális eseményhez, a Storega Slide cunami (8200 cal BC) pusztításához kötik (Wninger et al. 2008). A tengerelöntés nyomán a víz egészen a Watt-tengerig nyomult előre, majd a tengerparti homokpadokat áttörve a Holland-mélyföld is tengervíz elöntés alá került.

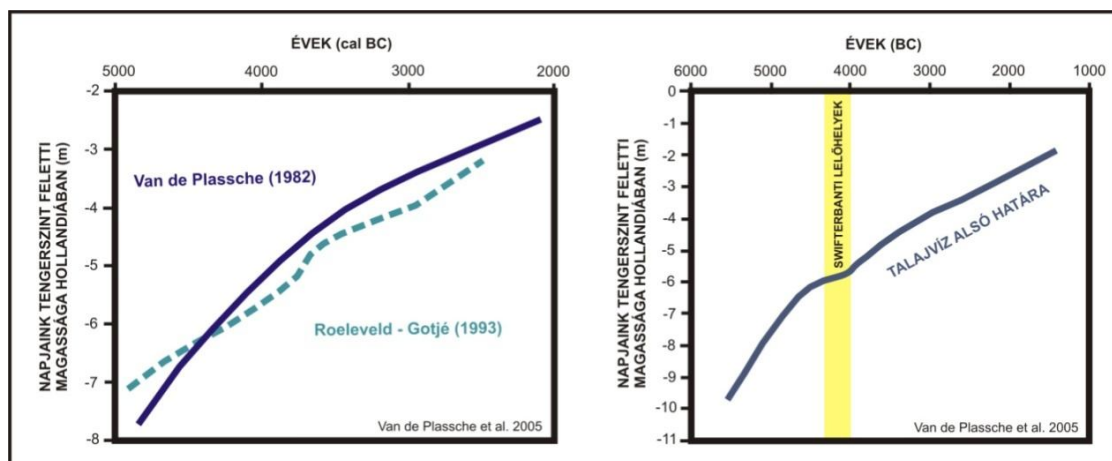
A partvonal déli áthelyeződése eredményeként a lelőhely a holocén során, a neolitikum kezdetén már az északi-tengeri (atlantikus) típusú édesvízi árapály rendszerben alakult ki (Ente 1976) kb. 6000 évvel ezelőtt (10. melléklet). A terület természetes partgátakkal, patakmedrekkel sűrűn átszőtt, sós mocsarakkal tagolt, homokdűnék mögött kialakult lápos-mocsaras-tőzeges rendszerekkel jellemezhető. A vizsgált terület mintegy 2700 m²-én több megtelepedési helyet is sikerült kimutatni, elsősorban a ma is követhető egykori medrek magaspartjain (Huisman 2009) (11. melléklet), melyek igen érzékenyen reagálnak az emberi megtelepedéssel járó környezet hatásokra (Out 2008). Az egykori medrekben gazdag, mozaikos területet a tengerelöntés során lerakódott 1-2 méteres tengeri üledék borította be és őrizte meg.

A régészeti objektumok tavi illetve tengeri üledék alatt helyezkednek el egy magas szervesanyag tartalmú, finomszemcsés rétegben, melynek fekvését kéesszürkés agyag képezi, mely olykor betelepül a régészeti objektumokat tartalmazó rétegbe is (Huisman 2009).

A hollandiai neolitikumban a Swifterbanti-kultúra idején a vizsgált flevolandi lelőhelyek közelében 5,8 - 6 méterrel volt alacsonyabban az átlagos tengerszint a mai értéknél (van de Plassche et al. 2005), ami nagyon hasonló a Flevoland északi részén számított értékhez (Roeleveld – Gotjé 1993) (12. ábra). Ugyanakkor a távolabbi és mélyebben elhelyezkedő tengerpart továbbra is potenciális veszélyforrást jelentett, hiszen a jelentősebb vihardagályok igen mélyre képesek voltak behatolni a szárazföld belső területei felé (Weninger et al. 2008).

A vizsgált területtől keletre az árapály-zónán kívül a tőzeglápos területek voltak a jellemzőek, melyeket a pleisztocén utolsó, Weichselian galciálisa során lerakódott eolikus, valamint a területen keresztülfolyt ösfolyamok fluviális üledékei váltottak fel.

Éghajlat. A hollandiai Flevoland területének klímája a Köppen-féle felosztás szerint a meleg mérsékelt övi, egyenletes csapadékos, enyhe telű, hűvös nyarú tengerparti ún. „bükkös klíma” (Cfb), ahol sem az évi (5-15 °C), sem pedig a napi hőingás nem jelentős. Az Északi-tenger és a meleg Golf-áramlás kiegyenlítő szerepe jelentős. A csapadék 700-800 mm körül alakul, eloszlásában pedig egy őszi maximumot lehet kimutatni. A téli hőmérséklet 2-6 °C, míg a nyáron a 17-20 °C a jellemző.



12. ábra. Az átlagos tengerszint és a talajvíz alsó határának időbeli változása Flevoland tartományban (Van de Plassche et al. 2005 és Huisman et al. 2009, saját módosítás)

Növényzet, talajok, vízrajz. A terület gyakorlatilag alig 50 éve lett szárazföld, így a polderesítés minden jellemzője megfigyelhető. A terület jelenleg teljes mértékig kultúrtájként fogható fel. A kiszáritás után a talaj mesterséges átalakítását követően közel 10 évet kell várni a termőre fordulásig, miközben a talajvízszintet is mesterségesen szabályozzák. Természetes vegetációról nem beszélhetünk, a területen intenzív mezőgazdaság folyik. A vízrajzra hasonló mérnöki tervezés nyomja rá a bélyegét.

A jelenlegi mesterségesen létrehozott táj egyáltalán nem párhuzamosítható a neolitikum során a területen élt egykori élővilággal.

5. FITOLITVIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

Az ötödik fejezetben a vizsgálati lelőhelyekről előkerült minták fitolitelemzésének eredményeit mutatom be, lelőhelyenként tárgyalva. Egy-egy lelőhelyről több minta is feltárássra került, ám a régészeti objektumok közül csak azokat mutatom be részletesen, melyek esetében a mintában legalább 200 darab fitolitot sikerült kimutatni, így a minta statisztikailag értékelhetőnek tekinthető.

5.1. Katymári lözszelvény fitolitvizsgálati eredménye

A mintavételezés során makroszkópiusan is egyértelműen megfigyelhető volt, hogy a löszfal nem egy homogén egységet képez, hanem a különböző léptékű környezeti és klimatikus változások hatására löszös képződmények, valamint fosszilis talajok sorozatából áll. Vizsgálataink során e változásokat szerettük volna fitolitelemzés segítségével azonosítani.

A katymári téglavető északi falából vett minták fitolitelemzése után a legfontosabb megállapítások a következők.

1. A löszminták fitolittartalma és változatossága alacsony. A vizsgált 5 gramm mintából egyszer sem sikerült a statisztikai értékeléshez szükséges 200 db fitolitot kinyerni. Valószínűleg a feltárt egységnyi minta többszörösére növelésével (hasonlóan a löszből történő virágporszem feltárásokhoz) a meghatározható fitolitok száma növekedne, azonban a munka ilyen irányú bővítésére jelenleg nem volt lehetőségünk.

2. A fitolitok alacsony mennyisége ellenére, a fitolitok abundanciája alapján kirajzolódnak a malakozónákkal, valamint a szedimentológiai adatok alapján kijelölt egységekkel összevethető ciklusok (13. ábra).

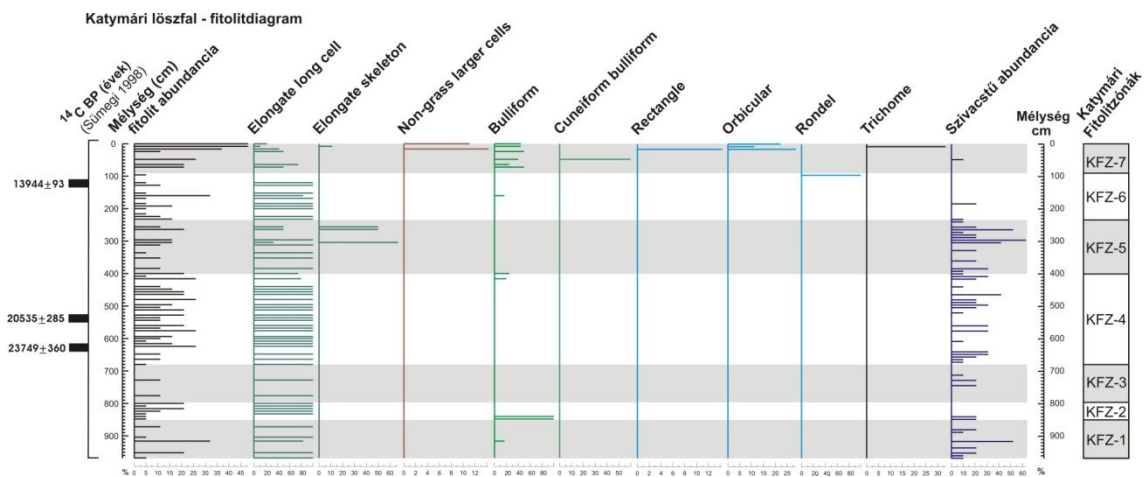
3. A holocén elemekkel jellemezhető KFZ-8 zóna előtt a fitolitformák túlnyomórészt Elongate, valamint néhány Bulliform fitolitra korlátozódnak. Ez további kérdéseket vet fel, melyekre egyenlőre nem tudunk egyértelmű magyarázatot adni, azonban kétségtelen, hogy a magyarországi (Mende, Basaharc, Paks), az észak-amerikai, argentin vagy kínai löszökhöz képest a fitolitok nemcsak mennyiségben, de különösen összetételben jelentősen elmaradnak, még akkor is, ha ezek a vizsgálatok elsősorban a paleotalajokra korlátozódtak is, amelyekhez hasonló kifejlődés Katymáron nem található (Engel-di Mauro 1995, Blinnikov et al. 2002, Ho-Yuan Lu 2005, Osterreith 2005).

4. A fitolitok mellett a mintából jelentős mennyiségű szivacstű töredék került elő, mely a lösz anyagát adó mezozoikumi üledékes kőzetekből származhat, és nem a löszképződéssel egyidejű, jelenlétük inkább a hulló por ülepedési ritmusához, anyakőzetből származó szemcsék felhalmozódásához köthető.

A löszfal vizsgálata során feltárt fitolitok abundanciája és összetétele alapján kijelölt katymári fitolitzónákat (KFZ) a következőképpen jellemezhetjük:

KFZ-1 (968 – 856 cm): Nem minden mintából került elő fitolit, az abundancia a zóna közepénél mutat kiugró értéket. A fitolitok Elongate típusú, pázsitfűféléktől (*Poaceae* sp.) származó példányok. Ehhez a csúcshoz köthető egy Bulliform típus megjelenése, mely egy malakológiai módszerekkel (Hupuczi et al. 2006) kimutatott, és a Heinrich eseménnyel szinkronizált lehülési szakasz lezárulását jelző enyhüléshez köthető.

KFZ-2 (856 - 800 cm): A zóna minden mintája tartalmazott fitolitokat, kiegyenlítettebb abundancia jellemző. A zóna alsó részén csak az enyhébb klímát jelző Bulliform fitolitok találhatóak, majd átveszik helyüket a hosszúsejtű Elongate formák. A Bulliform formák az enyhébb klíma végéhez köthetőek, mivel a KFZ-2 zóna Elongate formákkal jellemezhető szakasza jól azonosítható egy újabb, Heinrich eseménnyel szinkronizált lehülési szakasszal (Hupuczi et al. 2006).



13. ábra. A katymári löszfal fitolitdiagramja a fitolitzónákkal

KFZ-3 (800 - 680 cm): A fitolitok mennyisége lecsökken, összesen két minta tartalmaz Elongate fitolitokat.

KFZ-4 (680 – 400 cm): A zóna mintáiban megnő a fitolitok mennyisége, csaknem valamennyi minta tartalmaz Elongate fitolitokat, megnő az abundancia érték. A zóna felmelegedést, a füves vegetáció előretörését jelöli. A zóna kezdet csaknem egybeesik egy szintén malakofauna által kimutatott (Lócskai et al. 2006), Dansgaard-Oeschger ciklussal (Johnsen et al. 1991) szinkronizált felmelegedési szinttel. A zóna lezárásaként ismét megjelenik a Bulliform fitolit.

KFZ-5 (400 – 232 cm): Az előző zónához képest a fitolitok abundanciája csökken, a minták kisebb része tartalmaz fitolitokat, ami a fitolitprodukciónak a visszaszorulását jelöli. Ebben a zónában találhatóak fitolitvázak (Elongate skeleton), amelyek teljesen megegyeznek a többi fitolitformával, csupán a megtartásuk jobb, sikeresebben megőrizték az egykori epidermisz felépítését.

KFZ-6 (232 – 88 cm): A fitolitok mennyisége jelentősen nem változik, azonban a KFZ-5 zónához képest több minta tartalmaz növényi opalitot, mégpedig hasonló ciklicitással, mint a KFZ-4 ciklusban, azaz a fitolitot tartalmazó és hiányos rétegek üledési ritmusa hasonló.

KFZ-7 (88 – 0 cm): Az utolsó fitolitzóna már holocén malakofaunával jellemezhető, csernozjom talajképződéssel átalakult szintből származik. Ez tükröződik a fitolitok változatosságán és a löszfal tetején tapasztalható abundancia csúcsban. Megjelennek a sztyeppe elemek, valamint a fák fitolitjai (Non-grass larger cells), ugyanakkor eltűnnek a mezozoikumi szivacsok. Mivel a vizsgálat célja elsősorban a jégkorszaki felmelegedési és lehűlési ciklusok fitolitokból való kimutatása volt, a holocén korú fitolitok elemzésétől a doktori értekezés keretein belül eltekintek.

5.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás fitolitvizsgálati eredménye

Az SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék vezetésével végzett, a Szigligeti-öbölben mélyített fúrásokra alapozott környezettörténeti kutatások alapján rekonstruálhatóvá váltak a Balaton késő-glaciális és holocén növényzeti és vízszint változásai (Jakab et al. 2005, Sümegi 2007). A fitolitelemzés során arra voltunk kíváncsiak, vajon a növényi opalitok alapján is kirajzolódhatnak-e a már megismert, egyéb módszerekkel (pl.: makrobotanikai elemzés, malakológiai vizsgálat, radiokarbon mérések) kimutatott ciklusok.

A fitolitelemzés alapján a legfontosabb tapasztalatok a következőképpen foglalhatóak össze.

1. A feltárt minták fitolitmennyisége nagyon alacsony volt, egyik mintában sem érte el a minimálisan elvárt 200 darabot.

2. A formai változatosság a mennyiséghez, valamint a makrobotanikai eredmények alapján rekonstruált vegetációhoz képest (nem a legkiemelkedőbb fitolitprodukciónal jellemezhető növények dominanciája a meghatározó) felülmúlta a várakozásainkat.

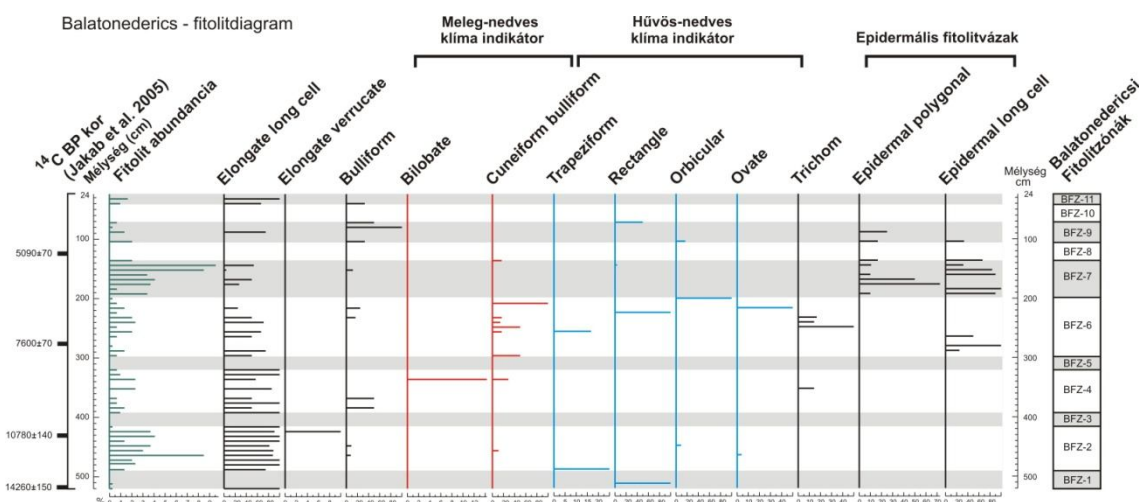
3. A fitolitok abundanciája valamint a fitolitformák típusai alapján kijelölt 11 db fitolitzóna (BFZ - Balatonedericsi fitolitzóna) több esetben szinte centiméteres pontossággal összevethető a szintén 11 egységből álló makrobotanikai (BEM) zónákkal (Jakab et al. 2005).

A fitolitelemzés eredményeként megrajzolt diagramot, valamint a kijelölt fitolitzónákat a 14. ábra tartalmazza. A fitolitelemzés ismertetése zónánként (BFZ) történik.

BFZ-1 (520 - 488 cm): Minimális mennyiségű fitolit található a zónában, ezek között azonban jelen van egy hűvös-nedves klíma indikátorforma (Orbicular). A zóna a Balaton kialakulásához köthető. Az alacsony fitolitmennyiség jól párhuzamosítható a területen ekkor jelen volt barna mohalappal. Ezzel a zónával megegyező makrobotanikai zónából (BEM-1) került elő a *Dryas octopetala* maradványa, a nyugat-európai területek késő-glaciális lehüléseinek egyik vezérkövülete (Jakab et al. 2005). A zóna a Heinrich 1 eseménnyel (Bond et al. 1992, 1993) szinkronizálható és a *Pupilla sterri* zonula idejére tehető (Sümegi 1996).

BFZ-2 (488 - 416 cm): A fitolitok mennyisége alapján az a zóna tekinthető a szelvény második leggazdagabb zónájának. Hét különböző fitolittípust különíthetünk el, ami alapján a szelvényben változatosnak tekinthető. A hűvös-nedves indikátorformák mellett a meleg-nedves indikátorforma is jelen van, igaz, nagyon kis mennyiségben. A zóna csaknem teljesen megegyezik a BEM-2 makrobotanikai zónával, melynek kialakulása a Bølling/Allerød interstadiálisra tehető (Jakab et al. 2005). Ez a zóna egy felmelegedési időszakot jelöl, ahol gyakori tajgatüzek mellett egy igen változatos vegetáció (pl.: a hidegkedvelő *Betula nana* magleletek) rekonstruálható, a mainál lényegesen alacsonyabb vízborítás mellett (Jakab et al.

2005). Az interstadiális jelleget a hidegkedvelő növények jelenléte egy kissé árnyalja, azonban a fitolitok között is jelen van egyszerre két indikátor típus is, de az utóbbiak dominanciája egyértelmű a meleg-nedves klíma indikátorokéval szemben.



14. ábra. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás fitolitdiagramja a fitolitizónákkal

BFZ-3 (416 – 392 cm): A zóna teljesen fitolitsteril, ami azzal magyarázható, hogy a tó elérte a pleisztocén kori maximumát, így a terület jelentős elöntés alá került, ami nem kedvez a fitolittermelő növényeknek. A tó vízszintjének emelkedése, oligotrofizálódása valamint a klímában tapasztalható lehűlés a teljes növényvilágra kihatott, ami a BEM-3 makrobotanikai zónában is kimutatható (Jakab et al. 2005). A fitolitok teljes hiánya azt a modellt támasztja alá, hogy ebben az időszakban mély tó alakult ki (Jakab et al. 2005), hiszen ha szárazulat lett volna a terület, a fitolitok (nagy számban) jelen lennének. Különösen akkor, ha a Nagy-Bodor és kutatótársai (Nagy-Bodor et al. 2000) által felállított modell szerint a nádasok visszaszorulását a csökkenő vízszint okozta volna a területen. Különösen elgondolkodtató az az ellentmondás, hogy egyes modellek szerint a (Nagy-Bodor – Cserny 1997) a Balaton keszthelyi medencéje ebben az időben szárazulat, lepusztulási terület volt, párhuzamosan a szigligeti fúrásszelvény alapján rekonstruált magas vízállással (Jakab et al. 2005). Minden esetre a fúrásszelvényünk fitolitelemzése alapján a Szigligeti-öböl biztosan nem volt szárazulat a Dryas-III (Younger Dryas) idején, mert a kimondottan ezt a közeget szerető, magas fitolitprodukciónal rendelkező növények (pl: *Poaceae*-fajok) egyetlen fitolitja sem került elő.

BFZ-4 (392 – 320 cm): A BFZ-4 fitolitizóna két pollensteril zóna közé ékelődik. A zónán belül további elkülönítést nem láttam kellően megalapozottnak, azonban kétségtelenül kirajzolódik fitolitok alapján is két, jellegében kissé elkülönülő egység. Az első 392-360 cm-ig terjed, ahol a Bulliform fitolitok (valószínűleg nádasokból származó) példányai jelennek

meg. Ez az egység a BEM-4 makrobotanikai zónával esik egybe, egyben kijelölve a pleisztocén/holocén határát (Jakab et al. 2005). A fitolitzóna másik szakasza 360-320 cm-ig terjed, ahol a meleg-nedves klímaindikátor fitolitok megjelennek, míg a hűvös-nedves klíma indikátorok eltűnnek. Fontos kiemelni, hogy feltűnik a sztyeppei jellegű Trichom fitolit is, mely talán a BEM-5 makrobotanikai zónában is jelen lévő, a terület rövid ideig tartó kiszáradására utalhat. A feltételezett kora-holocénben bekövetkező erőteljes vízszint csökkenést megelőző alacsonyabb, majd az azt követő emelkedő vízszint vegetációs átalakulását jelölheti a BFZ-4 fitolitzónában megfigyelhető változás, melynek tengelyében a Trichom fitolit megjelenése áll, ugyanis ezt megelőzően a Bulliform fitolitok vannak jelen a mintákban, majd utána átveszik helyüket a Bilobate és Cuneiform bulliform fitolitok.

BFZ-5 (320 – 296 cm): Fitolitsteril zóna, melynek oka a kora holocén végén kialakuló tőzegfelhalmozódás, ugyanis a tőzeg fitolitprodukciója szerény. A zóna a BEM-6 zónával párhuzamosítható (Jakab et al. 2005).

BFZ-6 (296 – 200 cm): A fitolit abundancia alapján a zóna a BFZ-4 zónával mutat hasonlóságot, azonban a fitolitformák változatossága alapján a tavi állapot változása is hasonló. A zóna alsó szakaszában (296 – 260 cm) az Elongate fitolitok a meghatározóak, de több minta sterilnek is tekinthető. Ez a szakasz a vízszint megemelkedésének a nyoma, mely a makrobotanikai BEM-7 zónában is jelentkezik, majd ezt követően, a vízszint csökkenésével párhuzamosan a nádasok válnak uralkodóvá (Jakab et al. 2005). Ez a változás a BFZ-6 fitolitzónában egy jelentős fitolitformai változatosságban jelentkezik. Ez a zóna tartalmazza a legtöbb típusú fitolitot, melyek közül kiemelendő a hűvös-nedves klíma indikátorok jelentősége, igaz, a meleg-nedves klímaindikátor formák is végig jelen vannak. Ez utóbbiak közül a Cuneiform bulliform fitolitokat kell kiemelni, ugyanis ezek a formák nagy valószínűséggel a nádtól (*Phragmites australis*) származnak (Pinilla et al. 2007), ami nagy egyezést mutat a makrobotanikai elemzés által leírt magas nád-rizóma koncentrációval (Jakab et al. 2005). A Trichom fitolitok jelenléte itt a legmarkánsabb a szelvényben, ami szintén a csökkenő vízszintre utal.

BFZ-7 (200 - 136 cm): A zóna a legnagyobb fitolit abundanciával jellemezhető a szelvényen belül. Valamennyi mintában található fitolit, a BFZ-2 zónához hasonló mennyiségben. A formákra jellemző, hogy a változatosságuk nem nagy, ugyanakkor itt jelentkezik ez epidermális fitolitvázak (Epidermal polygonal, E. long cell). Az epidermális fitolitvázak megmaradása (azaz nem fragmentálódtak a vázak önálló Elongate fitolitokká) valószínűleg a beágyazódási (eróziós-degradációs viszonyok) körülmények megváltozásával magyarázható, ami az alacsony vízálláshoz és a nádasok maximális kiterjedésének (Jakab et al. 2005) kialakulásához kapcsolódik. Fontos megjegyezni, hogy a makrobotanikai

eredményekben jelentkező BEM-9 zóna emelkedő vízállását a fitolitzónán belüli maximum abundancia jelöli, és csak a későbbiekben (BFZ-8) tűnnek el a fitolitok.

BFZ-8 (136 – 104 cm): A zóna teljesen fitolitsteril, ami a jelentősen megemelkedett vízállással magyarázható, amit a BEM-10 makrobotanikai zónával párhuzamosíthatunk.

BFZ-9 (104 – 72 cm): A zóna fitolittartalma alacsony, azonban közepesen változatosnak tekinthető. Jelen vannak a Bulliform és a hűvös-nedves klíma indikátor-formák, valamint az epidermális fitolitvázak. A makrobotanikai vizsgálatok alapján magas vízállás, és visszaszoruló növényi borítottság a jellemző a Szigligeti-öbölre. Ennek ellentmond a BFZ-9 fitolitzóna, melynek magyarázata nem tisztázott. A zóna két, fitolitokra nézve steril zóna (BFZ-9, BFZ-10) közé ékelődik, és 20 cm-rel helyezkedik el a talajosodott, így vizsgálat (fitolit, makrobotanika) alá nem vonható zóna alatt. Mivel azonban a talajosodás miatt a fitolitok mennyisége megnő, elképzelhető, hogy valamilyen pontosan nem tisztázott, lokális jellegű esemény hatására (hullámverési tevékenység lazító hatása), a talajosodás korai időszakában a BFZ-9 zóna fitolitjai felsőbb rétegekből mosódtak/halmazódtak át. Pusztán a fitolitok alapján (makrobotanikai bizonyítékok nélkül) egy csökkenő vízállást, szárazodást nem rekonstruálhatunk.

BFZ-10 (72 - 40 cm): Fitolitokra nézve steril zóna, mely a magas vízállással magyarázható, amennyiben elfogadjuk a fent tett megállapítást, miszerint a BFZ-8, BFZ-9, BFZ-10 zónák azonos környezeti feltételek (magas vízállás) során alakultak ki, melybe a BFZ-10 zóna fitolitjai áthalmozással kerültek. A BEM-11 makrobotanikai zónával párhuzamosítható fitolitmentes zóna alátámasztja a mainál jóval magasabban feltételezett tavi vízszint egykori jelenlétét a területen (Nagy-Bodor – Csernyi 1998, Jakab et al. 2005).

BFZ-11 (40-24 cm): A fúrásszelvényből származó minták utolsó zónája már a talajosodott rétegekből származik, így az itt megfigyelt fitolitok értelmezés problematikus, talajtani megközelítést igényelne (talajszintekbe való besorolás, stb.), de kutatásunknak ez most nem volt célja.

5.3. A Tóközben mélyített fúrásokból származó minták vizsgálatának eredménye

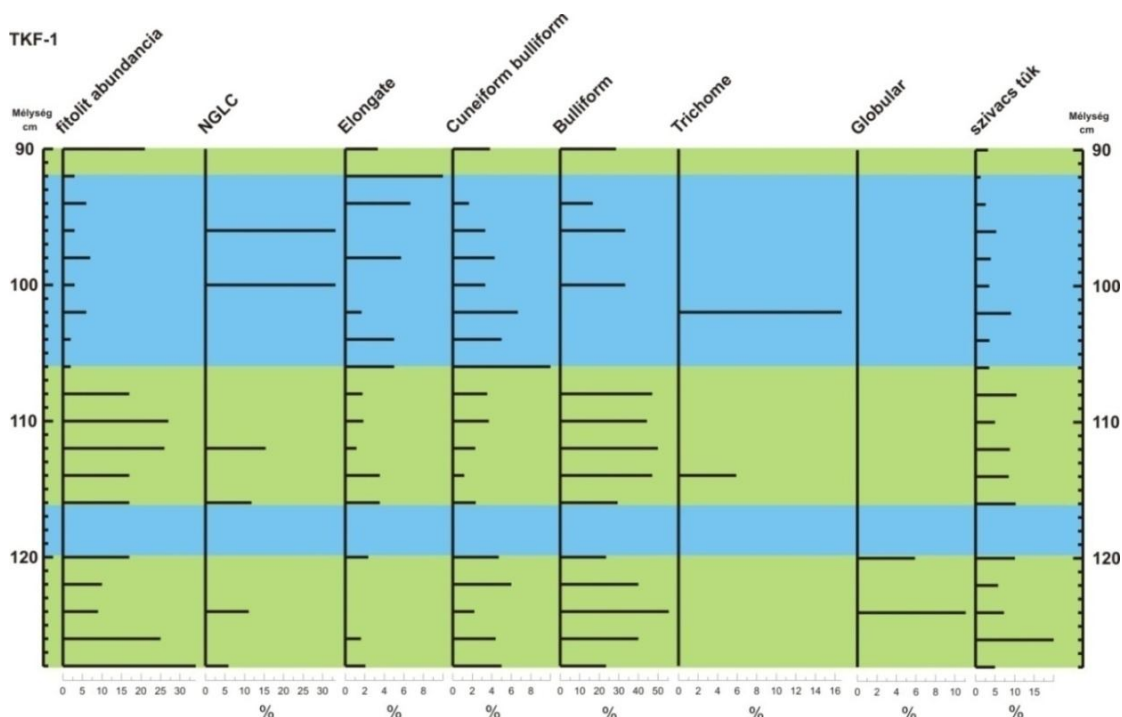
A Tóközben négy fúrásmag (TKF-1, TKF-2, TKF-3, TKF-4) fitolitelemzését végeztem el 2 centiméterenkénti mintavétel után. A következőkben a fúrásokat egyenként mutatom be fitolitzónánként értékelve. Az ábrákon kék színnel jelöltem a csatornák rendeltetésszerű használatának ciklusát, amikor az árkokban víz áramlott és rendszeresen tisztították, karban tartották. A zöld zónák pedig a csatorna használatának felhagyását, eutrofizációs ciklusát jelentik.

A tóközi fúrások mintáiból az alábbi jellemző fitolitformák és biomorfák kerültek elő (12. melléklet), azonban a mintánként kívánatos 200 db fitolitot egyik mintában sem sikerült leszámolni.

TKF-1 fúrás elemzése

Az első fúrás (TKF-1, 15. ábra) esetében 5 zónát különítettem el. Alulról felfelé haladva a következők (az ábrán a fitolitok számának növekedésével, a vegetáció előretörésével jellemezhető zónák zölddel, a fitolitok csökkenésével jellemezhetőket pedig kékkel jelöltem.

120-129 cm: a nád (*Phragmites australis*) fitolitjai dominálnak (Cuneiform bulliform, Bulliform), a fúráson belül relatív magas a fitolit mennyiség. Ebben a zónában jelen vannak a fák-cserjék fitolitjai (Non-Grass Larger Cell, NGLC) is. Ezek aránya egyre nő a következő zónákban, ahol a fitolitok mennyiségének növekedéséről beszélhetünk. Jelen vannak kis mennyiségben a mohák fitolitjai, melyek a fúrásban csak ebben a zónájában megtalálhatóak. A szivacsok tűi a fúráson belül jelentős mennyiségben vannak jelen.



15. ábra. A TKF-1 fúrás fitolitdiagramja

118-120 cm: A fitolitok eltűnnek a mintából a szivacsstűkkel együtt. Nem csak a TKF-1 fúrásban, de a többi három fúrásban is ezeknek a zónáknak a váltakozásai figyelhetők meg. Azaz egy fitolitban gazdag, elsősorban nád dominanciájú vegetáció előretörése (120-129 cm) és egy fitolitban szegény, vagy teljesen fitolitmentes zóna kialakulás (118-120 cm). Ez utóbbi valószínűleg a tisztított árkot jelenti, amelyben áramlott a víz, és az árok „üzemeltetői” folyamatosan karbantartották, nem hagyták, hogy feliszapolódjon és a növényzet teljesen

elborítsa. A fitolitok mennyiségének növekedésével jellemezhető szakasz pedig az árkok elhanyagolását jelentheti, azaz nem történt meg a rendszeres tisztítás, így elsősorban a vízinövények elszaporodtak, dúsabb vegetáció jellemezte magát az árkot is.

108-118 cm: Fitolitok mennyisége ismét nő, és nagyon hasonlít az első (120-129 cm) zónához. A fák-cserjék aránya (NGLC) nő, valamint a Bulliform fitolitoké is. Megjelenik ebben a zónában a Trichome fitolit is, ami a közeli legelők-kaszálók pázsitfűféléitől származhat.

92-108 cm: A fitolitok száma erősen lecsökken, azonban fontos megjegyezni, hogy itt nem tűnnek el teljesen, sőt, a fitolittípusok közti arány nagyon hasonló az előző zónában (108-118 cm) leírtakhoz, csak mindez alig néhány darab fitolitot tartalmazó mintákon belül értendő. Ez jelentheti azt, hogy az előző zónában kialakult vegetáció az árokban megmaradt, csak a mennyisége csökkent. Azaz tisztították az árkot, de nem történt meg a teljes növényzet kiirtása.

90-91 cm: Fitolitok mennyisége nő, az eutrofizáció felgyorsul.

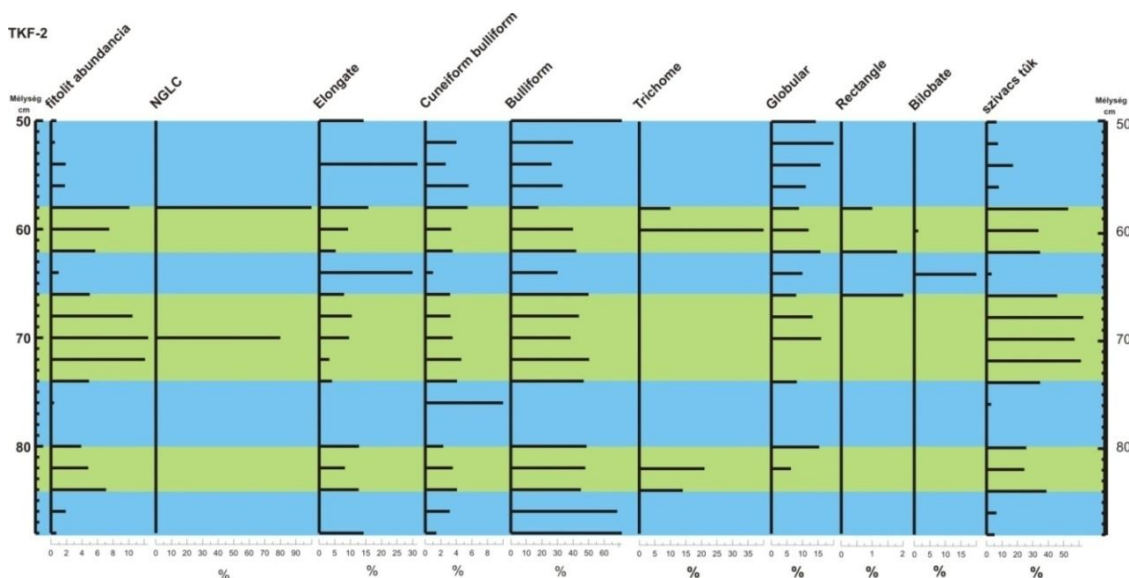
TKF-2 fúrás elemzése

86-89 cm: A fitolitok mennyisége nagyon kevés (16. ábra), azonban jelen vannak azok a formák, amelyek a következő (80-86 cm) zónában lesznek dominánsak (Bulliform, Cuneiform bulliform, Elongate). Az alacsony darabszám és a pleisztocén fekü miatt feltételezhető, hogy ezek a fitolitok a felettük elhelyezkedő zónából kimosódtak, majd itt felhalmozódtak. A fekü pleisztocén homok a tapasztalatok alapján fitolitban nagyon szegény.

80-86 cm: A nádhoz és vízinövényekhez köthető fitolitok (Cuneiform bulliform, Bulliform, nagyméretű Globular) előretörése a lágyszárúakra jellemző trichóma fitolitokkal (kaszáló-legelő indikátor fitolit). Az Elongate fitolitok itt is az árok közvetlen partján élő fűféléktől származhatnak. A TKF-1 fúrással ellentétben itt nem jelennek meg a fák-cserjék (NGLC) fitolitjai. A szivacsok mennyisége ebben a fúrásban is követi a fitolitok mennyiségének változásait.

66-76 cm: A 80-86 cm-es zónához hasonló, jelentős fitolit mennyiség növekedéssel. Ez a zóna tartalmazza a legtöbb fitolitot (és szivacsút). Itt jelenik meg a fák-cserjék fitolitja (NGLC). A nádhoz köthető fitolitok csökkenésével párhuzamosan nő az Elongate fitolitok száma, ami esetleg a pázsitfűvek előretörését jelentheti a nád rovására. Ettől a zónától kezdve jelenik meg a kisméretű Globular fitolit, így az árok partján megtelepedett lombosmohákra (*Bryophyta*) következtethetünk (Golyeva 2001a).

64-66 cm: Egy fitolitokban nagyon szegény zóna, az árok tisztítására utalhat.



16. ábra. A TKF-2 fűrés fitolitdiagramja

58-64 cm: A vízparti vegetáció előretörése, a 66-76 cm-es zónához képest jelentősebb facsérje fitolit mennyiséggel. A Trichome fitolitok itt érik el a legnagyobb mennyiséget, így az árok közelében kaszálókra jellemző növénytársulás feltételezhető.

50-58 cm: A fitolitok mennyisége csökken, eltűnik a fák-cserjék fitolitja. Visszaszorulnak az Elongate fitolitok, így a nád és a mohák fitolitjai fordulnak elő legnagyobb arányban.

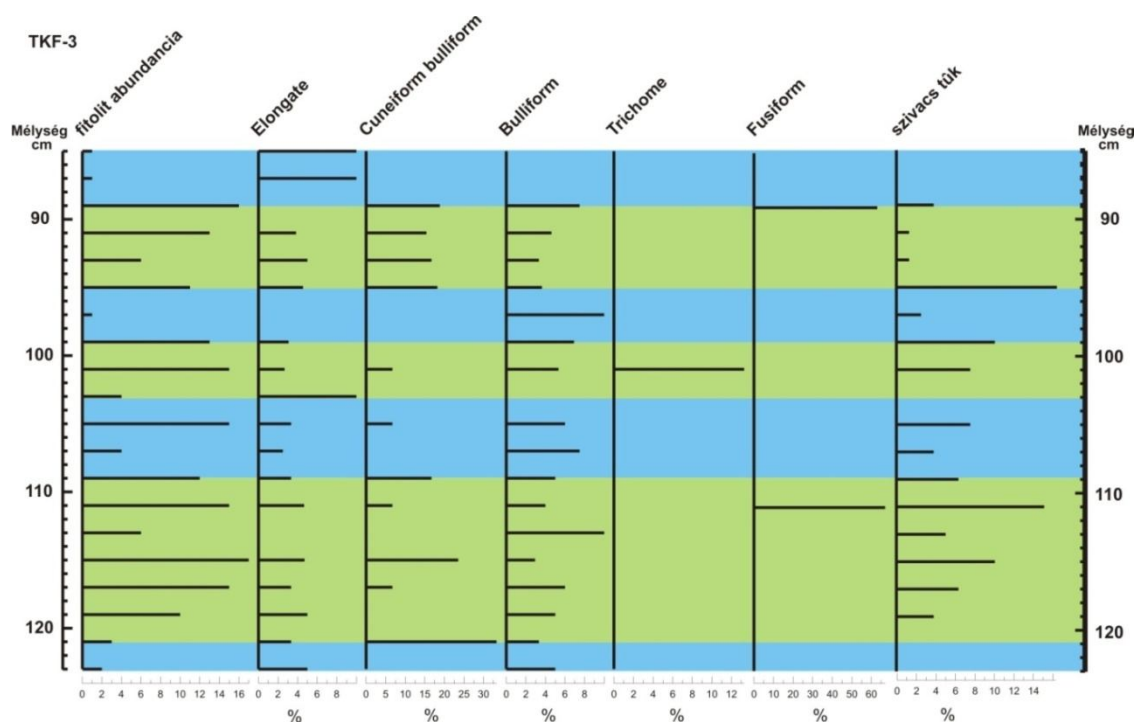
TKF-3 fűrés elemzése

120-124 cm: Fitoltiban szegény zóna, nádhoz és fűfélékhez köthető fitolitokat tartalmaz kis számban, szivacsstűk nincsenek jelen (17. ábra).

108-120 cm: A fitolitok és szivacsstűk mennyisége megnő, a fűrésmintának ennek a zónájában fordulnak elő legnagyobb mennyiségben. A nád fitolitjai (Cuneiform bulliform) kisebb számban vannak jelen, míg a Bulliform fitolitok (melyek véleményem szerint szintén a nád fitolitjaiból származnak) dominánsak. Feltűnő, hogy több mintában is ott nő meg a Bulliform fitolitok száma, ahol lecsökken a nádé. A nád fitolitjai különböző külső hatásra (törés, visszaoldódás) elveszíthetik jellegzetes alakjukat. Ilyenkor a határozások során legtöbbször a Bulliform típusba kerülnek besorolásra.

Ebben a zónában azonban érdekes jelenség volt megfigyelhető. A Bulliform fitolitok nagyrészt megfigyelhető voltak különböző repedések, és sok fitolit esetében egy sötétbarnás elszíneződés (18. ábra). Elképzelhető, hogy ezek a sérülések a nád fitolitjain a növény spontán (villámcsapás) vagy emberi tevékenység hatására bekövetkezett égésekor keletkeztek. Ekkor a hőhatás miatt keletkezhetnek repedések a fitoliton. Nem volt olyan tartósan magas hőmérséklet, hogy a fitolit megolvadjon. Ha a nád égése, vagy égetése télen történt, még

nagyobb hőmérsékleti stressznek volt kitéve a nád fitolitja, így a repedés keletkezésének nagyobb valószínűsége volt.



17. ábra. A TKF-3 fűrés fitoliddiagramja

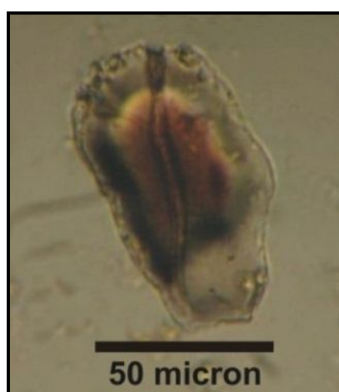
102-108 cm: Bár ebben a zónában van egy fitolitsúcs, ennek ellenére ezt a zónát is a vegetáció visszaszorulásával jellemezhetjük.

98-102 cm: Fitolit mennyiségének növekedése és a legelőkre-kaszálókra jellemző trichoma fitolitok megjelenése a jellemző, a nád visszaszorulásával párhuzamosan.

96-98 cm: Ismét egy rövid, fitolitban szegény zóna.

88-96 cm: Elsősorban a nád előretörésével jellemezhető zóna, ahol már nem jellemzőek az égésnyomok a fitolitokon. Megjelenik a hideg-nedves klíma-indikátor Fusiform típusú fitolit, hasonlóan a 98-102 cm-es zónához.

85-88 cm: Szinte teljesen fitolit-steril zóna, kis mennyiségű Elongate fitollal, ami a tisztított árok partjának pázsitfűfélékhez sorolható növényeiből származhat.



18. ábra. Elszíneződés és repedés egy nád fitoliton

TKF-4 fűrés elemzése

120-129 cm: A zóna nem tekinthető fitolitokban szegénynek, azonban a következő zónához képest mégis alacsony a számuk (19. ábra). A nádhoz köthető fitolitok a dominánsak, és a Bulliform típusú fitolitok között jelen vannak a repedezett elemek is. Megfigyelhető, hogy ahol a Cuneiform bulliform, azaz a nád fitolitjai visszaszorulnak, ott megnő a Bulliform (köztük a repedezett elemek) száma, párhuzamosan a fűfélék (Elongate) számával. Azaz az esetleges égetésekkel párhuzamosan megerősödött az árokparti füves vegetáció. A zónában jelen van a nedves-hűvös klíma-indikátor forma Rectangle fitolit is. A szivacs tük mennyisége itt a legnagyobb.

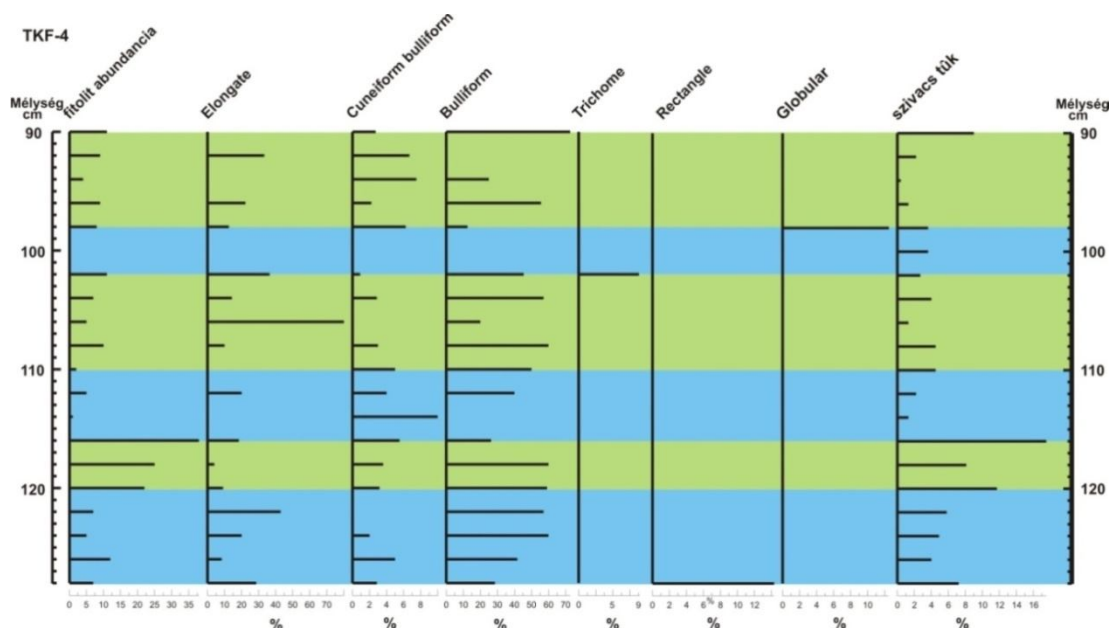
116-120 cm: A fitolitok száma itt éri el a maximumot a fűrásban. Az égett fitolitok eltűnnek, az Elongate elemek visszaszorulnak.

110-116 cm: A fitolitok és a szivacs tük mennyisége erőteljesen lecsökken, de a nád továbbra is jelen van.

102-110 cm: A fitolitok száma nő, az égetéshez hasonló bélyegek itt is megtalálhatóak. Jól felismerhető egy Elongate csúcs (füves vegetáció megerősödik), ami párhuzamos a nád jelentős visszaszorulásával. A zóna legfelső részében a kaszálókra-legelőkre jellemző Trichome fitolit jelenik meg, és ekkor a nád ismét visszaszorul.

99-102 cm: Fitolitok szempontjából sterilnek tekinthető zóna, az árok ismételt kitisztítását jelentheti.

90-99 cm: Ismét a csatorna felhagyásával számolhatunk, intenzív nádas betelepülés figyelhető meg a mintákban. A zóna alján még lombosmohák fitolitjai mutathatóak ki (Globular).



19. ábra. A TKF-4 fűrés fitolitdiagramja

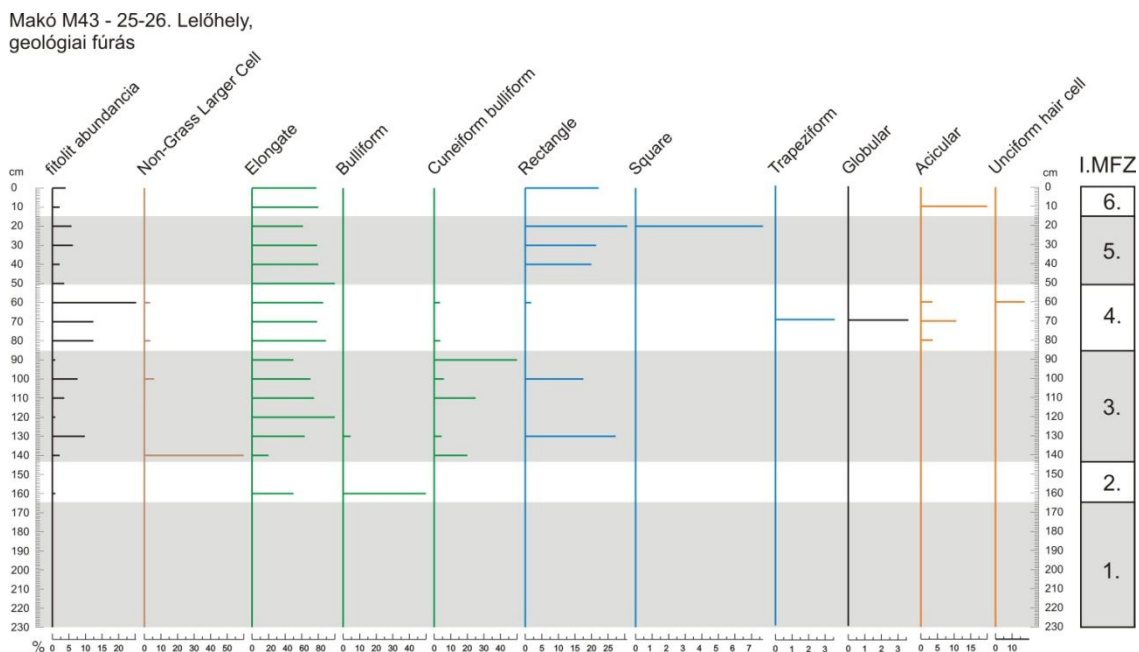
5.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található lelőhelyeken végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása

Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán végzett régészeti feltárásokhoz kapcsolódó régészeti geológiai és környezettörténeti munkák (SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék) során fitolitvizsgálatokra is sor került egy geológiai fúrás, egy geológiai szelvény és több régészeti objektum vizsgálata során. A következőkben ezeket az eredményeket mutatom be.

M43 – 25-26. lelőhely között mélyített geológiai fúrás fitolitelemzésének eredménye

Az egykori mederből származó 235 cm mély fúrásmintát 5 centiméterenként vizsgáltam meg. A minta nagyon kevés fitolitot tartalmazott, egyik mintában sem érte el a kívánatos 200 db-ot, azonban 10 jól azonosítható fitolit formát sikerült kimutatni (12. melléklet).

A fitolitdiagramon (20. ábra) a fitolit abundancia, valamint az előforduló formák alapján összesen 6 zónát (I.Makói fitolitzóna – I.MFZ) különítettem el, melyek részletes jellemzése zónánként történik. Mivel a fúrás a meder belsejébe mélyült, nem csak a fitolit, de a fennmaradt makrobotanikai anyag is szegényes.



20. ábra. A makói M43 – 25-26. lelőhelyek mellett mélyített fúrászelvény fitolitdiagramja

I.MFZ-1 (230-165 cm): Teljesen steril zóna, nem került elő belőle fitolit. A zóna egy hideg és tiszta vízü pleisztocén végi morotvatóban alakult ki.

I.MFZ-2 (165-145 cm): A fitolit mennyiség igen kevés. A pázsitfűfélék (*Poaceae*) fitolitjai (Elongate), valamint nagy valószínűséggel a nád (*Phragmites australis*) fitolitjai jelennek meg, azonban elképzelhető, hogy ezek a fitolitok a felettük kijelölt zónából mosódtak le, amit alátámaszthat az a tény, hogy a I.MFZ-3 zónában jelen vannak a tipikus nád fitolitok (Cuneiform bulliform).

I.MFZ-3 (145-85 cm): A zóna alsó szakaszán a fák-cserjék fitolitjai (Non-Grass Larger Cell) a fűráson belül itt érik el a legnagyobb arányukat. A nád fitolitjai ebben a zónában érik el a maximumukat (Cuneiform bulliform). A pázsitfűfélék fitolitjai (Elongate) továbbra is a legnagyobb arányban vannak jelen a zónában. Azonban ki kell emelni, hogy a hűvös-nedves klímát jelző (Twiss et al. 1969) fitolitok is jelen vannak (Rectangle). Ez a hűvös-nedves klímán kívül azt is jelenti, hogy egy bizonyos klimatikus enyhüléssel számolhatunk, hiszen az előző zónákban ezek a növények nem voltak jelen, így a fitolitok formai változatossága indirekt módon, az előzőekhez képest bizonyos enyhülést jelöl. Ezek alapján a hideg tavi állapotban változást feltételezhetünk, azaz a morotva tó mezotróffá alakulhatott.

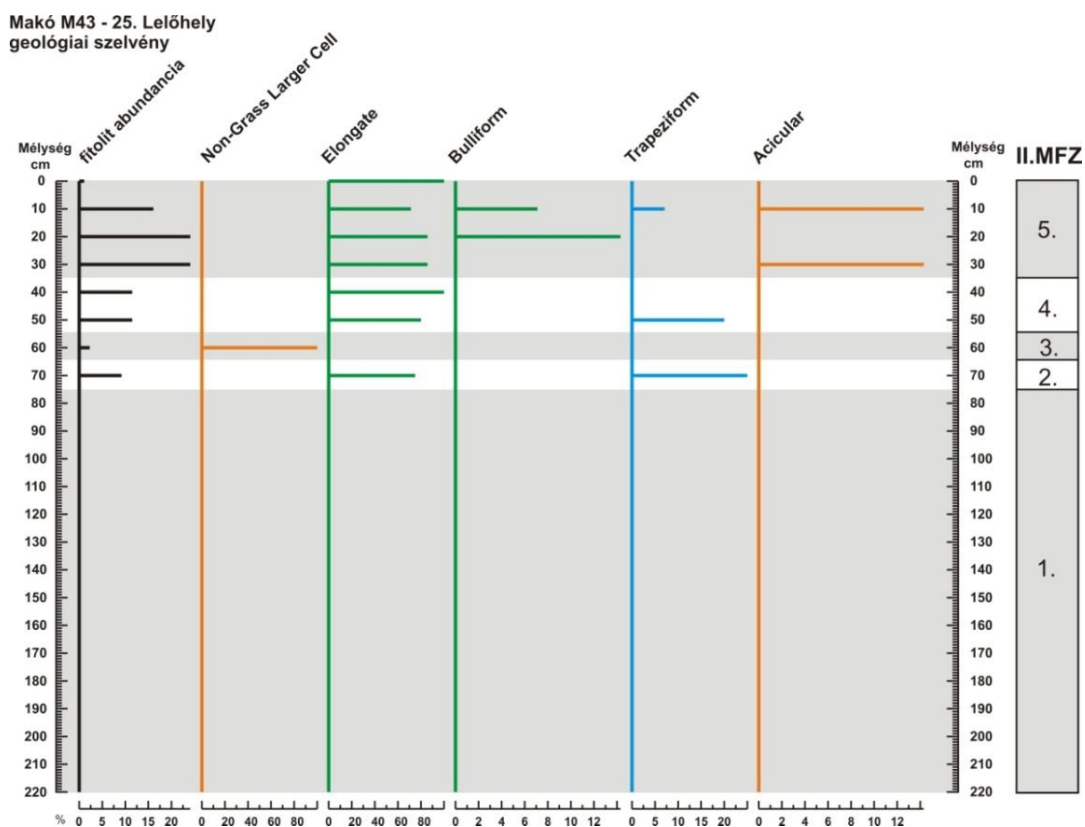
I.MFZ-4 (85-50 cm): A zóna már a holocén kori változásokat mutatja. A növények egyre nagyobb tömegben jelennek meg a víz körül, amit a fitolit abundancia csúcsa mutat. Ebben a zónában található a legtöbb fitolit, valamint a legnagyobb formai változatosság. A mintákban megjelenő xeromorf fitolitformák (Acicular, Unciform hair cell) a makrobotanikai elemzésekből is kimutatható (Sümegei 2009a), az eutróf tavi állapotot megszakító időszakos kiszáradást támasztják alá. A zónában a hűvös-nedves klímát jelző formák típusa megváltozik (a Trapeziform a domináns, már nem a Rectangle), és aránya is csökken, ami szintén egy enyhülést - szárazodást támaszt alá indirekt módon.

I.MFZ-5 (50-20 cm): A fitolitok abundanciája csökkenést mutat, a formai változatosság is erősen lecsökken. Az előző zóna 8 különböző fitolitformájával szemben már csak 3 van jelen. A pázsitfűfélék Elongate fitolitja mellett csak két hűvös-nedves klímát jelző indikátorforma (Rectangle, Square) van jelen, együttesen több mint 30%-os arányban. A makrobotanikai maradványok alapján feltételezett teljes eutrofizáció, feltöltődés (Sümegei 2009a) a fitolitdiagramon nem jelentkezik egyértelműen. Amennyiben teljes kiszáradás történt volna, a pázsitfűfélék fitolitjai növekvő mennyiségben és formai gazdagságban lennének jelen, ezzel szemben itt ennek az ellenkezője az igaz. A makrobotanikai anyagban a fásszárúak jelentősége nő, ugyanakkor itt nem kerültek elő fák-cserjék fitolitjai, igaz, ezek fitolitprodukcója igen gyenge, csak hogy az előző két zónában mégis jelen vannak. A fitolit abundancia és a hűvös-nedves klímaindikátor formák alapján a teljes kiszáradás kétséges, valószínűleg az év jelentős részében volt lokális vízborítás a területen, még ha nagyon sekély is, ami a fűfélék jelentős tömegét kiszorította.

I.MFZ-6 (20-0 cm): A tözegesedés, a ciklikus kiszáradás (Acicular fitolitok jelenléte) miatt a minta rossz megtartó képességű, fitolitot alig tartalmaz, azonban a morotvában megfigyelhető folyamatok az előző IMFZ-5 zónával párhuzamosíthatóak.

M43 – 25. lelőhely geológiai szelvényének elemzése

A lelőhelyen történt földmunkák során feltárt 225 centiméteres löszös-homokos üledékből 10 centiméterenként történt mintavétel, majd fitolitelemzés (21. ábra). A minta szintén nagyon kevés fitolitot tartalmazott, ami az erősen lúgos közegben történő szilícium visszaoldódással is magyarázható (Székyné Fux – Szepesi 1959), igaz, ez a fitolitokra nézve még részleteiben nem teljesen ismert. A szelvényben 5 zónát (II. Makói fitolitzóna – II.MFZ) sikerült fitolitok alapján kijelölni.



21. ábra. A makói M43 – 25. lelőhely geológiai szelvényének fitolitdiagramja

II.MFZ-1 (220-75 cm): Fitolitokra nézve teljesen sterilnek tekinthető zóna.

II.MFZ-2 (75-65 cm): A szelvényben megjelennek a fitolitok, az abundancia egy kisebb csúccsal indul. A fitolitok között a pázsitfűfélék (*Poaceae*) mellett a hűvös-nedves klímát jelző Trapeziform fitolitok vannak jelen.

II.MFZ-3 (65-55 cm): A fitolit abundanciában visszaesés tapasztalható, ugyanakkor csak a fák-cserjék fitolitjai vannak jelen a mintában. Ez igen ritka jelenség, az általam vizsgált

minták közül ez az egyetlen, ahol nincs egyéb lágyszárúaktól származó fitolit. Valószínűsíthető, hogy a fák-cserjék nem voltak egyeduralkodók, azonban mégis egyedi, hogy a jóval kisebb fitolitprodukciónál fűszárúak mellől teljesen hiányoznak a lágyszárú fitolitok.

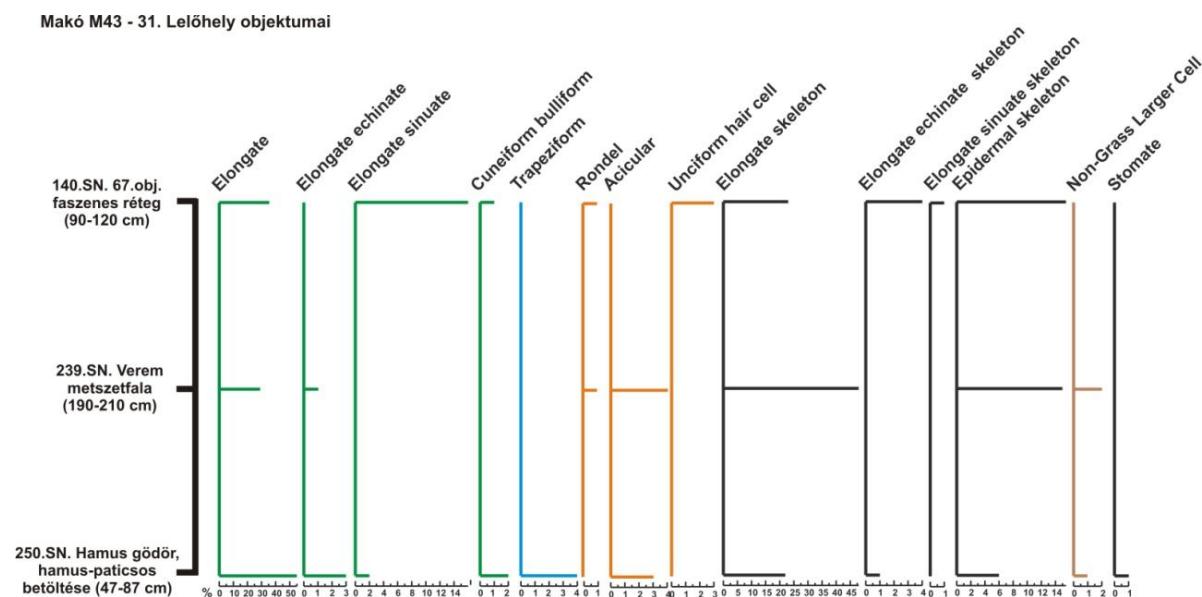
II.MFZ-4 (55-35 cm): A zóna csaknem teljesen párhuzamosítható a II.MFZ-2-vel, mivel nem csak a fitolit formák, de azok aránya is azonos.

II.MFZ-5 (35-0 cm): A legfelső zóna már talajosodott, így a fitolitok mennyisége is nő, bár így is igen elmarad a nem szikes talajok fitolitprodukcójától. A zónában az Acicular fitolit is jelen van, mely a száraz-meleg klíma indikátora (Twiss et al. 1969). A szelvényben az igen alacsony fitolitmennyiséget a lúgos közegben történt szilícium visszaoldódással lehet magyarázni, azonban ez további kutatásokat igényel. Fontos megemlíteni, hogy a fitolitokkal együtt előforduló egyéb szilíciumos biomorfák (diatoma, szivacsú) szintén hiányoztak.

M43 – 31. lelőhely objektumainak fitolitelemzése

A fent ismertetett geológiai szelvényhez hasonlóan az M43 makói elkerülő szakaszának 31. lelőhelyén előkerült objektumok fitolitvizsgálata igen kevés eredményt hozott, mivel a vizsgált 16 objektumból összesen 3 tartalmazott legalább 200 db fitolitot (14. melléklet), míg a többi objektum egyáltalán nem, vagy csak néhány darabot.

A következőkben csak azt a három mintát elemzem részletesen (22. ábra), amelyben a statisztikai értékelés lehetséges. A minták közös tulajdonsága, hogy egy erősen antropogén hatás alatt álló túlnyomórészt nyílt, füves területet jeleznek (Golyeva 2001).



22. ábra. A vizsgált makói objektumok fitolitdiagramja

140.SN.67.obj (faszenes réteg, 90-120 cm): A minta legérdekesebb jellemzője a következő: annak ellenére, hogy faszenes rétegből származik, nincs benne fáktól származó (Non-Grass Larger Cell) fitolit. A faszénelemzési vizsgálatok nem állnak rendelkezésemre, így lehetséges, hogy a faszén nem fáktól származik (pl. leégett nádtető), de a szelektív megőrződés is elképzelhető. Az azonban elgondolkodtató, hogy ebben a mintában igen magas a pázsitfűfélék (*Poaceae*) fitolitjainak (Elongate) aránya, és azok változatossága is nagy (Elongate fitolitok fitolitvázai – skeleton). Jelen van a nádhoz (*Phragmites australis*) köthető fitolitforma is (Cuneiform bulliform), igaz, kis mennyiségben.

239.SN. Verem metszefala (190-210 cm): A lágyszárúak fitolitjainak változatossága kisebb, mint az előző mintáé, azonban itt jelen van a fák fitolitja. Az Elongate fitolitok és azok fitolitvázai (Elongate skeleton) a meghatározóak. A metszefalból nem került elő termesztett növény fitolitja, azonban a sztyeppei elemek fitolitjai ebben a mintában vannak jelen legnagyobb arányban (Rondel, Acicular).

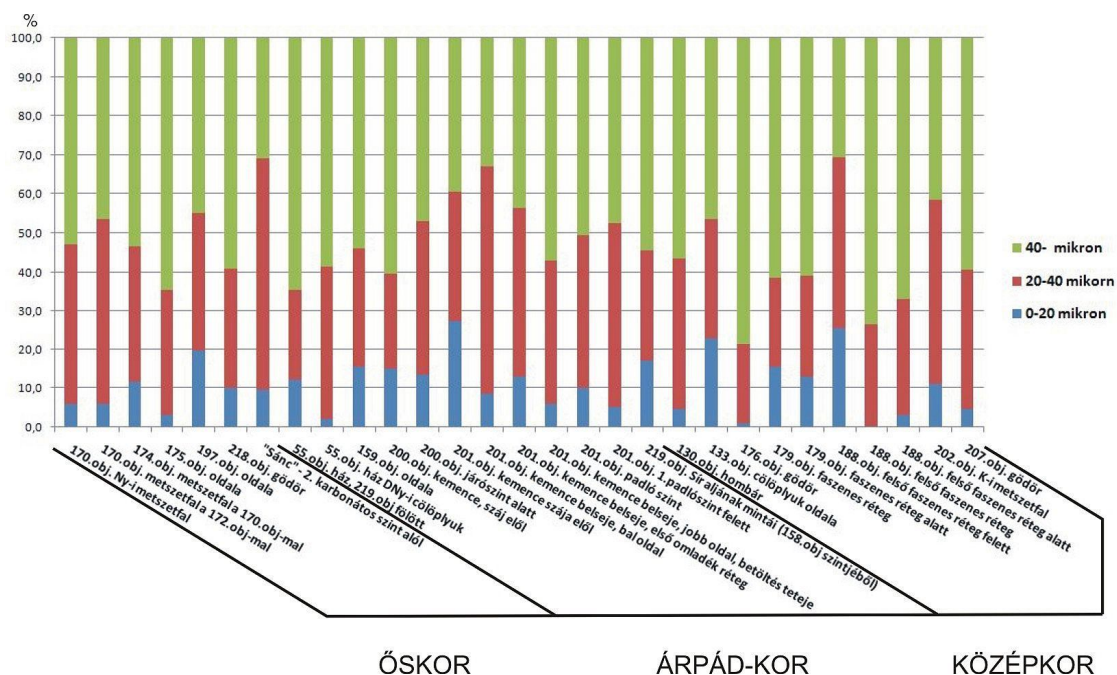
250.SN. Hamus gödör, hamus-paticsos betöltése (47-87 cm): Hasonlóan az első objektumhoz (140. SN) itt is találunk hamut, azaz égett nyomokat. Azonban itt – ha kis mennyiségben is – jelen van a fásszárúak fitolitja (1%), miközben jóval alacsonyabb a fűfélék változatossága. Különösen a fitolitvázak esetében feltűnő a különbség. Amennyiben szalmával, vagy szalmával kevert szárított trágyával tüzelnek, a fitolitvázak megmaradása valószínűbb, egyszerűen azért, mert nagy mennyiségben égnék el, és nagyobb valószínűséggel koncentrálnának egy helyre. Továbbá a trágyában a legelés miatt nagyobb változatosságban vannak jelen a fűfélék fitolitjai. Ezek alapján valószínűsíthető, hogy a hamus réteg hamuja fatüzeléssel keletkezhetett.

5.5. A solti Tételhegy lelőhelyről származó minták vizsgálati eredménye

A solti Tételhegyről begyűjtött 61 mintából összesen 29 volt statisztikailag értékelhető (15. melléklet). E minták régészeti kronológiai besorolásuk alapján őskoriak, Árpád-koriak és középkoriak (23. ábra). A régészeti anyag feldolgozása még folyamatban van, további pontosításuk várható.

A mintákban a fitolitok összesen 34 fő formába sorolhatóak, de zömében a pázsitfüves-bolygatott vegetáció növényeitől származó hosszúsejtű fitolitokat (Elongate), és a Festucoid-formákhoz tartozó fitolitokat tartalmazott. Jellemzően a nagy méret (40 mikron feletti méret), valamint a színtelen-halványszürkés szín dominált (23. ábra).

A fitolitelemzés eredményeit mintánként ismertetem. Az összefoglaló táblázatok a mellékletekben található (16. - 17. melléklet).



23. ábra. Statisztikailag értékelhető minták fitolitjainak méretbeli megoszlása

A 170. objektumból vett minták elemzése

A 170. objektumból két értékelhető minta került elő. Ezek nagyon hasonló arányokat mutatnak a fitolit formák tekintetében. A hosszúsejtű (Elongate) fitolitok aránya megegyezik, csak úgy, mint a fák-cserjék fitolit aránya (NGLC-Non-Grass Larger Cells). A meleg-nedves (Cunieforn bulliform) és a meleg-száraz (Biconical) indikátorok együttesen nem érik el a hűvös-nedves klíma indikátor elem arányát (Rectangle).

A 172. objektummal közös metszetsfal esetében a nagy és közepes méretű fitolitok aránya közel azonos, míg a másik két minta esetében a nagy méret dominál, de nem éri el a 60%-ot. Mindkét minta esetében 87 % feletti a hosszúsejtű fitolitok aránya, ami igen jelentős emberi hatásra kialakult füves területet jelez.

A 174. objektumból vett minták elemzése

A mintában 88%-ot tesznek ki a hosszúsejtű fitolitok, melyek formai változatossága nagyobb a 170. objektum mintáihoz képest, mivel itt megjelenik a díszített oldalú hosszúsejtű fitolit is (Elongate echinate). A fák-cserjék (NGLC) fitolitjainak az aránya is nőtt, igaz, nagyon kis mennyiséggel (1%). A hűvös-nedves klíma indikátorok (Rectangle, Square) aránya azonban maradt a 6%-os értéken. A fitolit vázak (Epidermal skeleton) megjelenése jelenti a legnagyobb eltérést a nagyon hasonló 170. objektum mintáihoz képest, ezek azonban szintén nagyon kis mennyiségben vannak jelen (1%).

Az összehasonlítás a 170. objektummal kézenfekvő, hiszen ugyanaz a metszettel köti őket össze. A nagyon közeli térbeli helyzet egyértelmű a fitolit mintákban is, hiszen a két objektum három mintája nagyon hasonló. Ezek a kis eltérések elhanyagolhatóak, mindhárom minta közel azonos környezeti feltételek mellett alakult ki egy csapadékos, intenzíven taposott, homogén füves sztyeppén.

A 175. objektumból vett minta elemzése

A 175. objektum oldalából vett minta nagy tömegben tartalmaz faszenet és pernyét. A szivacsok jelen vannak, de nagyon kis számban. A mintában a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) dominálnak. Arányuk 75%, ami az antropogén hatással, trágyázással hozható összefüggésbe. Ezt bizonyítják a mintában közel 10%-os arányt képviselő gabona fitolitok.

A gabona (*Triticum* sp.) fitolitok jellemzően fitolit vázként (skeleton) maradnak meg. A növénytermesztés, gabonatermesztés egyértelmű a területen. Azonban a terület hasznosítása nem egyértelműen gabonatermesztés volt, mert egy gabonaföld 10%-nál jóval több gabona fitolit vázat tartalmaz.

A 197. objektumból vett minta elemzése

A mintában a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) dominálnak három különböző formában. A Festucoid-formák, azaz a hűvös-nedves klíma indikátorok ugyan a többi mintához hasonlóan 10% körül értéket mutatnak, a változatosságuk azonban itt nagy, négy formában jelennek meg (Square, Rectangle, Trapeziform, Oblong). Fák-cserjék fitolitjai nincsenek jelen a mintában, de meg kell jegyezni, hogy a mintában előforduló Trichoma fitolit formája alapján esetleg fától is származhat. Valószínű azonban, hogy ebben az esetben egyéb fáktól származó fitolitot is tartalmazna a minta. Általános tapasztalat, hogy a fák eltűnésével együtt általában a Festucoid-formák aránya nem nő, de változatosságuk igen.

A mintában Xylem fitolit is megjelenik, ami a növények szállítószövetében képződik, mégpedig ott, ahol a vízszállítás történik. Ezek általában csapadékosabb, kiegyenlítettebb klímán jellemzőek.

A 218. objektumból vett minta elemzése

A 218. gödörből származó minta egy enyhébb, melegebb klímát kedvelő vegetáció fitolitjait őrzi. A fák-cserjék fitolitjai nagyon kis részét (0,5%) képezik a fitolit sokaságnak, így jelenlétük a terület közvetlen közelében nem valószínű. A nyílt füves terület napsütötte, jól felmelegedő elhelyezkedését a melegkedvelő fitolit formák (Cinieform buliform cell,

Biconical), valamint a hosszúsejtű (Elongate) fitolitok és fitolit vázak alaki változatossága támasztja alá. A minta 175. és 197. objektum mintáival mutat hasonlóságot.

A „Sánc” 2. karbonátos szintje alól vett minta elemzése

A „Sánc”objektumból származó minta a sánc anyagából származik, amely lösz. Bár a minta tartalmaz fitolitokat statisztikailag értékelhető mennyiségben, ezek elemzésétől eltekintek, mivel túlnyomórészt a lösz lerakódásának körülményeire vezethetőek vissza az eredmények.

Az 55. objektumból vett minták elemzése

Az 55. objektumból két mintát vizsgáltam. A hosszúsejtű fitolitok (Elongate) dominanciája egyértelmű, mindkét minta esetében 80% feletti. Ez szinte valamennyi objektum esetében így van, amely a lakótér közvetlen közeléből származik, hiszen ezek mind füves területek voltak, taposást kedvelő gyomokkal. A 219. objektum fölöttirészből származó minta nagyobb változatosságot mutat a cölöplyukból származóval szemben. Megjelenik a nád (*Phragmites australis*) fitolitjaira jellemző Cunieform bulliform cell fitolit, igaz, nagyon kis mennyiségben. Elképzelhető, hogy a ház tetőszerkezetéből származik.

Mindkét minta esetében a hosszúsejtű fitolitok mellett a téglalap alakú (Rectangle) fitolitok fordulnak elő nagyobb mennyiségben, melyek a hűvös-nedves klímát kedveleik. Ezek a cölöplyuk esetében a hosszúsejtűekkel együtt alkotják a minta 100%-át. Valószínűleg a kis méretük miatt (20 mikron alatt) könnyebben bemosódtak a cölöp mellett és felhalmozódtak ott. Valószínűsíthető, hogy a ház környéke változatosabb volt ennél a képnél, hasonlóbb a 219. objektum fölötti részhez. Mivel a fitolitok lokális felhalmozódásúak (a pollenekkel szemben), feltételezhetjük, hogy a ház közelében a mikroklíma változatossága miatt (árnyékos oldala a háznak, pocsolyák, napsütötte déli oldal, stb.) a különböző igényű növények is élőhelyet találtak. A tipikus sztyeppe fitolit, a Conical forma is megjelenik a mintában, valamint a fákban - cserjékben megtalálható Prickle forma is, mely valószínűleg a nádhoz hasonlóan, a ház szerkezetéből származhat. Szivacsöske a cölöplyukból származó mintában jelen van, de a faszén/pernye hiányzik, a 219. objektum feletti részből származó minta esetében pedig ennek az ellentéte tapasztalható. A cölöplyukból teljesen hiányoznak a fák fitolitjai. Valószínűleg azért, mert a cölöpként használt fa kéreg nélkül lett beleállítva. A fitolitok pedig a levelek mellett, még a fa kérgében képződhettek.

A 159. objektumból vett minta elemzése

A minta a 159. objektum oldalából származik. Hasonlóan az 55. objektum cölöplyukából származó mintához, itt is a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) és a hűvös-nedves klímát jelző fitolitok dominálnak. Ez utóbbiak aránya együttesen 11%. Ha a hosszúsejtű fitolitok aránya 80% feletti, akkor igen erős emberi tevékenységet feltételezhetünk, amibe az állattartás következtében megjelenő (szándékos vagy esetleges) trágyázás is beleértendő (Golyeva 2001). A változatosság a Festucoid-formák között is megjelenik, ebben a mintában közel azonosan oszlik meg a formák között.

A 200. objektumból vett minták elemzése

A 200. objektumból két minta kerül bemutatásra. Az egyik a kemence szája elől származik, a másik pedig a 200. objektum járószintje alól.

A kemence szája elől vett mintavételezés célja az volt, hogy a kemencében használt tüzelőanyagról szerezzünk információkat. Ez sajnos nem sikerült, mert a minta nem a kemence tisztítása során onnan kikerült hamut, megmaradt tüzelőanyagot reprezentálja, mivel sem égett fitolitok nem kerültek elő, sem kellő mennyiségű faszén/pernye nem volt a mintában. (A faszén/pernye mennyiségnek jelentősnek kell lennie sikeres mintavétel esetén egy kemence előterében.)

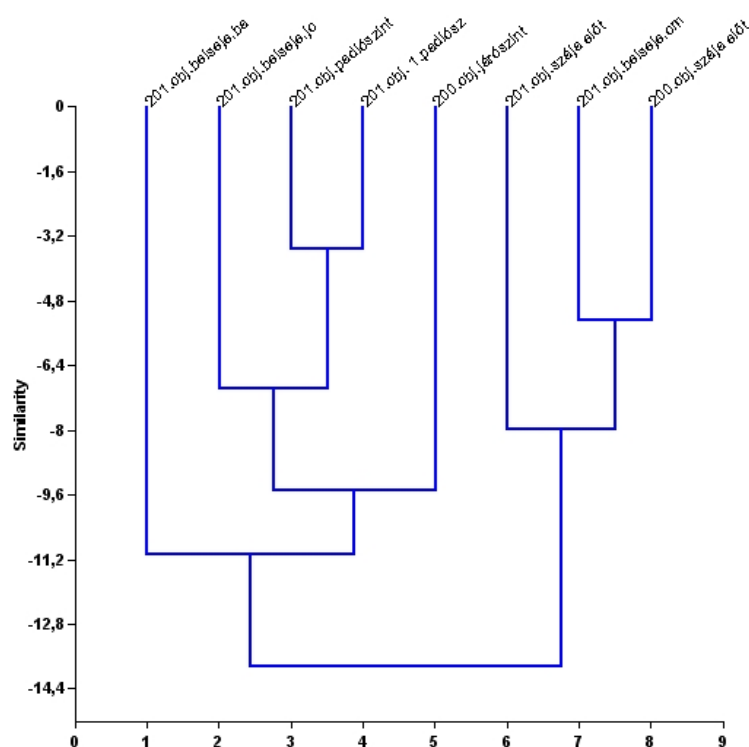
Mivel a 200. objektumból származó minták alapvetően hasonló fitolit formákat tartalmaznak nagyon hasonló arányban, a kemence szája elől származó minta valószínűleg a kemence használatának környezetéről ad felvilágosítást. A szivacstüskék hiánya a terület száraz voltára utal, ami egy kemence esetében egyértelmű. Nincsenek fásszárúaktól fitolitok, ami szintén várható egy kemence esetében – hiszen minek is építenék egy fa tövébe azt? A fák hiányában megfigyelt formai változatosság a Festucoid-forma hideg-nedves klíma-indikátor fitolitok között, a kemence szája előtti minták esetében nem jelentkezik (a hosszúsejtű Elongate fitolitok között sincs formai gazdagság, hiányoznak a díszített oldalú formák). Ez valószínűleg az intenzív emberi hatásnak (taposás) köszönhető, mely a kemence előterét jellemezte. A 200. objektum másik mintájából, mely a járószint alól származik, ez a formai változatosság (és a fák-cserjék hiánya) kimutatható (Trapeziform, Orbicular, Rectangle, Square, Fusiform).

A 201. objektumból vett minták elemzése

A 201. objektumból hat minta tartalmazott legalább 200 db fitolitot. Ezek a kemence szája elől, a kemence belsejéből, a kemence padlószintjéből valamit a padlószint feletti szintből

származnak. A minták elemzése során a minták egymáshoz való hasonlóságát számoltuk cluster analízis segítségével (24. ábra). A cluster analízis során a 200. objektumból (kemence) származó mintákat is bevontuk a vizsgálatba. A hasonlóságot csak az előforduló fitolitok formáinak százalékos aránya alapján számoltuk.

A 201. objektum valamennyi vizsgált mintája tartalmaz nagy mennyiségben faszenet/pernyét. A kemence belsejéből származó minta valószínűleg utólagos betöltésből és a kemence anyagának a keveredéséből származhat, mert nincsen benne fásszárúaktól származó fitolit, ami azért meglepő, mert a 201. objektum minden mintájában jelen vannak. A kemence anyagának esetleges fitolit tartalma okozhatja ezt az eltérést. A kemence környezetéről, azaz a szája előtti területről, a padlósintből, a padlósint feletti rétegről, valamint a betöltésekről (melyek szintén a beomlás következtében a kemence környezetéről adnak információt) a következő megállapításokat tehetjük.



24. ábra. A 200. és 201. objektumok (kemencék) mintáinak hasonlósági vizsgálata

A kemence - hasonlóan a 200. objektumhoz – egy intenzíven taposott, igénybe vett füves területen helyezkedett el. Bár a fásszárúak fitolitjai jelen vannak, ezek a tüzelőanyagból, valamint a kemence tisztítása során az égéstérből kikerült hamuból származhatnak (fekete, égett fitolitok). A kemence közvetlen környezetében nem lehettek fák, mert sem a praktikus megfontolás, sem pedig a Festucoid-fitolitok nagy alakgazdagsága (Trapeziform, Orbicular, Rectangle, Square) ezt nem indokolja. Ez az alakgazdagság nyílt, fátlan területeken jellemző.

A hosszúsejtű fitolitok aránya 70% feletti, és alakgazdagságuk - a minták összességét tekintve - közepesen nagy. A kemence szája előtti mintából előkerült Stomate fitolit gabonából (*Triticum* sp.) származik.

A hasonlósági vizsgálat (cluster analízis) során a legnagyobb hasonlóságot a 201. objektum 1. padlószintjéből és a felette található rétegből származó minták mutatják. Ezekhez kapcsolódik a 201. objektum jobboldali betöltésének a tetejéről származó minta, mely nagy valószínűséggel a padlószintek anyagából származik. Ez a hármas csoport a 200. objektum járószintjével mutat hasonlóságot.

A 201. objektum belsejének bal oldali betöltése eltér a többi mintától, mégpedig a fitolitok alakgazdagságának szegényesebb volta, valamint a fásszárúak fitolitjainak hiánya miatt, azonban mégis az előző mintákhoz köthető legjobban.

A 201. objektum szája előtti részből származó minta, valamint a kemence belsejében lévő első omladékréteg mutat hasonlóságot, de ez az érték csak a fele a padlószintek közti hasonlóságnak. A hasonlóság minden esetre nem meglepő, hiszen az első omladékréteg hullott be legelőször a kemence belsejébe, így ez a réteg az, amelyik legszorosabban kötődhet a kemence üzemeléséhez kapcsolódó szinthez, azaz a kemence szája előtti területhez. Ehhez az elkülönülő csoporthoz kapcsolódik a 200. objektum (kemence) szája előtti területről származó minta. E minta és a 201. objektum első omladékrétege jobban hasonlít egymásra, mint a 201. objektum mintáinak e csoportja.

A klaszteranalízis alapján tehát elmondható, hogy a két kemence esetében a kemence szája előtti területek és a járószintek elkülönülnek, de ezeken belül a két objektum azonos helyéről származó mintái hasonlóak. Azaz a kemence szája előtt egy homogénebb, kevésbé változatos fitolit tömeg, míg a járószinten, azaz a kemence szűkebb környezetében egy változatosabb, fátlan, taposást kedvelő füves vegetáció rekonstruálható.

A 219. objektumból vett minta elemzése

A 219. objektumból származó minta a sír aljából, a 158. objektum szintjéből származik. A minta alapján itt is füves, taposást kedvelő, pionír vegetációt feltételezhetünk. A hosszúsejtű fitolitok (Elongate) aránya a legnagyobb. A területre jellemzően a hűvös-nedves klíma-indikátorok aránya 10%. (Square, Rectangle). A fák-cserjék fitolitjaival (NGLC) párhuzamosan ezen indikátorok változatossága csökken.

A 130. objektumból vett minta elemzése

A mintában a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) az uralkodóak (78%), melyek kiegészülnek a hullámos oldalú (E. echinate) fitolitokkal. A fák/cserjék fitolitjainak hiánya miatt az objektum

feltöltődésének kezdetén nyílt vegetáció, füves terület volt az objektum körül. A fűfélék (*Poaceae*) nem mutattak nagy változatosságot, ami elsősorban a taposásnak lehetett az eredménye (legeltetés esetén ennél sokkal változatosabb fitolit adatsorral számolhatunk).

Fontos megemlíteni, hogy a gabonafélék fitolitjai közel egy tizedét teszik ki a növényi opalitoknak (9%). Ennek oka vagy az objektum közvetlen közelében termesztett növények tömege lehetett, vagy pedig egyszerűen a hely kedvezett a gabonamaradványok lokális felhalmozódásának (lábra tapadva odaszállítódott, szél odahordta, esetleg a gödörben magában történt tárolás), vagy valóban hombárként működhetett.

A hűvös-nedves klímaindikátorok (Rectangle) aránya 3%, ami nem mondható jelentősnek. A leggyakoribb fűféle fitoliton kívül még összesen 3%-ot tesznek ki (Acicular, Scutiform) az egyéb, szintén a pázsitfűfélékhez sorolható sztyeppe elemek fitolitjainak aránya.

A 133. objektumból vett minta elemzése

A vizsgált minta az objektum oldalából származik. A hosszúsejtű fitolitiok (Elongate) aránya 70% feletti. A jellemzően egyenes oldalú fitolitok mellett megjelennek a díszített oldalú hosszúsejtű fitolitok is (Elongate echinate). A hűvös-nedves klíma indikátor négyzet és téglalap formájú fitolitok együttesen kiteszik a fitolitok 21%-át, ami egy csapadékosabb klímát jelez. Az emberi hatás és a csapadék együttesen kedvez a fűféléknek, így az alakgazdagság növekedése a hosszúsejtű fitolitok között is ennek a hűvösebb-csapadékosabb klímának tulajdonítható. Ezt támasztja alá a fitolitok méretének a megváltozása. A nagyméretű fitolitok (40 mikron felett) visszaszorulnak, nem érik el az 50%-ot. Ez a jelenség is csapadékbevétel növekedéshez köthető.

A 176. objektumból vett minta elemzése

A 176. objektumból származó minta jelentősen különbözik az eddig ismertetett mintáktól. Az egyedüli hosszúsejtű fitolitok (Elongate) aránya jelentősen lecsökken (26%). Ha ez az arány 50%-alá esik, akkor a területen szárazodás rekonstruálható. A szárazabb területre jellemző változás látható is a mintában az előzőekhez képest. Egyrészt csökken a hűvös-nedves klíma indikátorok (Rectangle, Ovate) változatossága és aránya. Másrészt a gabona (*Triticum* sp.) fitolit vázak (*Triticum* sp. skeleton) aránya 19%. A gabona fajok pontosabb meghatározása sajnos nem sikerült, mert a feltárt fitolitok azon formák közé tartoznak, melyek a *Triticum monococcum*, *Triticum durum* és a *Triticum aestivum* fajokban is megtalálhatóak.

A 179. objektumból vett minták elemzése

A 179. objektumból két minta került elemzésre. Az első (ST-48) egy faszenes rétegből, míg a másik (ST-49) a faszenes réteg alól származik. A faszenes rétegből származó minta a többi mintához képest nagyon alacsony arányban tartalmaz hosszúsejtű (Elongate) fitolitokat. Jelen van azonban a díszített oldalú hosszúsejtű fitolit (Elongate granulate), és kis mennyiségben ugyan, de a gabona (*Triticum* sp.) fitolit vázak is. A fitolit formák csoportjainak az osztályozottsága eltér a többi mintától. Kiegyenlítettebben oszlanak meg az arányok a formák között. A hosszúsejtű (Elongate) fitolitok (59%), a hűvös-nedves klíma-indikátor (Rectangle) csoport (13%) és a fitolit vázak (Epidermal skeleton) csoportjai között (22%) oszlanak meg a fitolit formák. Ezt a kiegyenlített megoszlást általában a vegetáció gyors változásával, bolygatásával, lecsúszásával indokolhatjuk (Golyeva 2001a). Mivel az objektum faszenekben gazdag, feltételezhetjük, hogy az égetés során került oda többféle növény (tüzelő, gyújtós), vagy pedig az égés után megjelent pionír vegetáció tükröződik a fitolit formákban, azaz az égés során elpusztult növényzet újult fel. A vizsgált fitolitok azonban nem az égés során kerültek a talajba, mert azokon égés nyoma (fekete színű fitolitok) nem látszott.

A 179. objektum faszenes rétege alól származó minta az elsőként bemutatott 55. objektum (ház) 219. objektum feletti részéből vett mintával mutat nagy hasonlóságot. Valószínűleg ez az állapot előzte meg a faszenes rétegből rekonstruált állapotot. A xeromorf Elongate granulate fitolit itt nincs jelen, csak az égés után tűnik fel. Jelen van azonban egy másik díszített hosszúsejtű fitolit (Elongate ruminant), ami aztán eltűnik az égés során. Ebben a mintában jelen van a nád (*Phragmites australis*) fitolitja, ami szintén az égés után eltűnik (megsemmisült tetőszerkezet?). A tipikus sztyeppe elem, a Biconical forma is jelen van a mintában. Taposott, bolygatott füves területet rekonstruálhatunk a faszenes réteg alatt, hasonlóan, mint az 55. objektum esetében.

A 188. objektumból vett minták elemzése

A 188. objektumból három minta elemzésre került sor. Az objektum felső faszenes rétege feletti szintből származó minta a legnagyobb hasonlóságot az 55. objektummal, valamint a 179. objektum faszenes réteg alatti szintjéből származó mintával mutatja.

A legjelentősebb eltérés a fent említett mintákhoz képest az, hogy ebben a mintában a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) sokkal nagyobb változatosságot mutatnak, ami egy sokszínűbb, kevésbé egysíkú füves vegetációt jelöl.

A 188. objektum felső faszenes rétegeiben és az alatta található rétegben a gabona (*Triticum* sp.) fitolit vázak dominálnak. Ezek aránya már egyértelmű gabonatermesztésre utalnak. Ezt támasztják alá a változatos díszítésű hosszúsejtű fitolitok, melyek a fitolitvázak formáiban is láthatóak. A faszenes rétegből nagy számban kerültek elő a gabonafélék fitolit vázából származó Stomate fitolitok. Gyakorlatilag a faszenes réteg csaknem teljesen gabona fitolitokból vagy gabona fitolit vázakból áll. A fitolit vázak nem gabona fitolit vázai (Elongate long cell skeleton), azért kerültek külön besorolásra, mert nem lehet egyértelműen elkülöníteni a gabona fitolitoktól. Ez a forma ugyanis a gabonafélék levelében is előfordul. Azonban nem csak a gabonafélék termelik ezt a formát. Ám valószínűleg ez esetben gabonák fitolit vázairól beszélhetünk. Valószínű, hogy ha egyéb fűfajok termelték volna, akkor e formák mellett a hűvös-nedves klímaindikátor Festucoid-formák (pl.: Square, Rectangle, Trapeziform) is jelen lennének, hasonlóan a faszenes réteg alatti vagy feletti szintből származó mintákhoz.

A 202. objektumból vett minta elemzése

A 202. objektum keleti metszetfalából vett mintában a hosszúsejtű fitolitok (Elongate) dominálnak (94%). A formájuk teljesen homogén, egyenes, díszítetlen oldalú fitolitok. A mintában ezeken kívül két melegkedvelő növények fitolitjai kerültek elő, mégpedig a Bilobate (meleg-nedves klímaindikátor, Panacoid-forma) és a Biconical (meleg-száraz, Chloridoid-forma). Ez utóbbi jellegzetes sztyeppe fitolit. A mintából teljesen hiányoznak a hűvös klímát kedvelő növény fitolitjai. Mivel az eddig vizsgált valamennyi mintában voltak, feltételezhetően nem a klímában állt be változás, csak a mikroklíma és a fitolitok helyben való felhalmozódása lehet a magyarázat. Azaz egy napsütötte, árnyékmentes, szélcsendes területet rekonstruálhatunk, ahol az intenzív antropogén hatás mellett, melegkedvelő füves vegetáció volt jelen. A Trichoma fitolit is pázsitfűféléktől (*Poaceae*) származik.

A 207. objektumból vett minta elemzése

A 207. objektumból származó minta a 201. objektum padlószintjeivel és a betöltés tetejéből származó mintákkal mutat hasonlóságot. Jelen vannak a fásszárúak fitolitjai, és ezzel együtt a Festucoid-fitolitok formai változatossága két formára terjed ki (Rectangle, Trapeziform). A meleg klímát kedvelő növények fitolitjai teljesen hiányoznak (Panacoid- és Festucoid-formák).

5.6. Az apostagi szarmata kemence fitolitvizsgálati eredménye

A vizsgált szarmata kemence az első régészeti objektum volt, melyen a SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék keretein belül fitolitelemzést történt. További érdekessége a kemencének, hogy ez az első olyan vizsgált objektum, aminek a teljes fitolitelemzése (a mintavételtől a határozásig) Magyarországhoz, valamint teljes mértékben magyar kutatócsoporthoz köthető (18. melléklet).

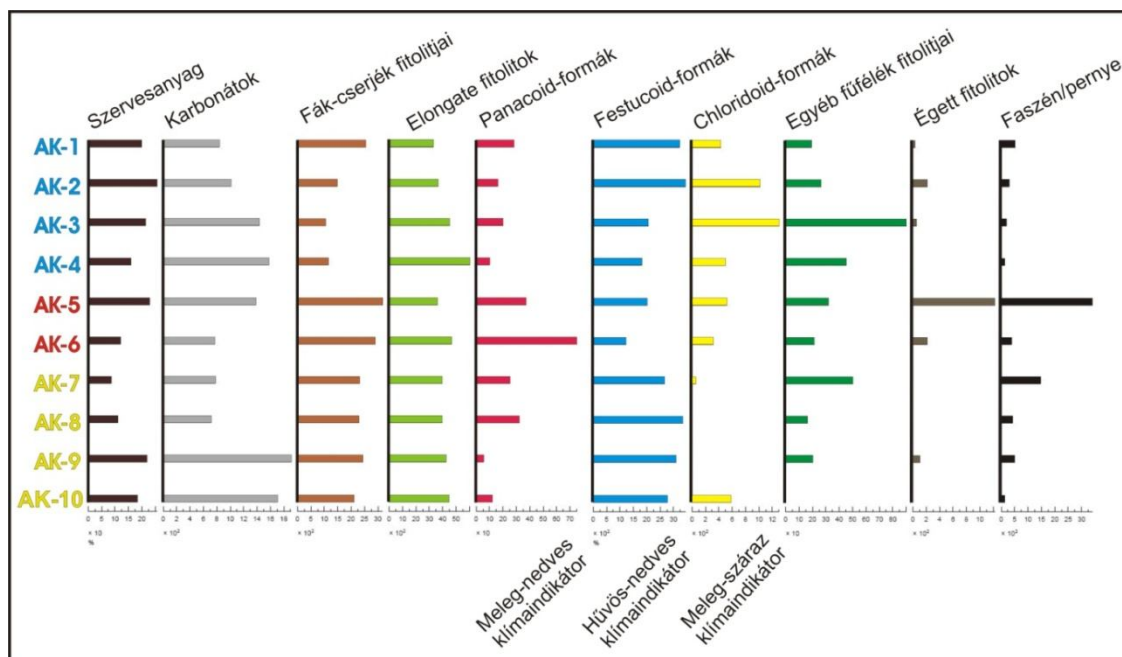
A vizsgálat során a speciális mintavételnek köszönhetően, melynek során a kemence teljes metszete ki lett emelve, sikerült feltérképezni azt, hogy egy hasonló objektum esetében melyik részéből érdemes mintát venni. A vizsgálatok során a fő kérdés az volt, vajon meg lehet-e állapítani fitolitok alapján az egykori tüzelőanyagot, különösen akkor, ha nincs elég mennyiségben faszénmaradvány?

Tüzelőanyagként nem csak a fa jöhet szóba, hanem a szárított, szalmával kevert trágya is. A tüzelőanyag ismerete azért is lehet fontos, mert egy csak fát hasznosító, gyarapodó közösség előbb utóbb szembesülhet azzal a problémával, hogy túl messziről kell már a tüzifát szállítani. Ekkor válaszut elé állnak, miszerint vagy elköltöznek közelebb az erdőhöz, vagy pedig változtatnak a szokásaikon, és alternatív tüzelőanyagot használnak (szárított trágya). Az előbbi eset részben magyarázatul szolgálhat bizonyos telepelhagyásokra, míg a második út a helyben maradást szolgáló technológiai válasz egy környezeti problémára.

A minták elemzése során nem csak a fitolitokat vizsgáltam (25. ábra), hanem a faszén/pernye mennyiség mellett a szervesanyag- és karbonáttartalmat is mértük, amiért Imre Mariannak, SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék doktoranduszának tartozom külön köszönettel.

A fitolitdiagromon a vizsgált 10 minta három csoportot képez (25-26. ábra), melyeket külön-külön mutatok be.

Az első egység (AK-1 – AK-4, kék színnel jelölve) a kemence egykori altalajából, közvetlenül a járófelszín alól, bolygatatlan mintákból áll, melyek makroszkopikusan négy szintre bonthatóak (melyek radiometrikus koráról nincsenek adataink). E minták jelentősége kettős. Egyrészt információt kapunk a lelőhely császárkori, valamint az azt megelőző korok környezettörténetéről, melyet összevethetünk más (pl.: pollenelemzés eredménye) adatokkal. Másrészt nagyon fontos viszonyítási alapként működik, ugyanis ehhez képest tudjuk az egykori járószint vizsgálati eredményét értelmezni. Golyeva értékelési rendszerét is figyelembe véve (Golyeva 2001a), a minták alsóbb talajhorizontokra jellemző fitolitokat tartalmaznak, melyek jellemzően antropogén hatás alá kerülő, jó vízellátottsággal (hűvös-nedves klímaindikátorok) jellemezhető erdős-sztyepp vegetációból származnak.

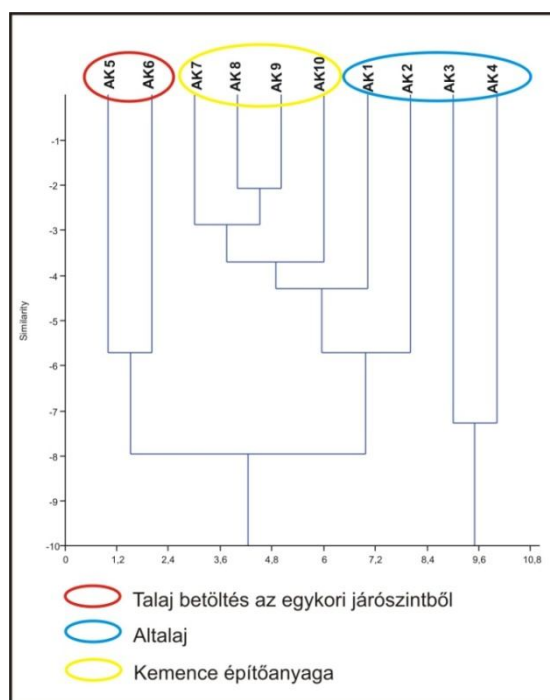


25. ábra. A szarmata kemence fitolitelemzésének eredménye

A második egység (AK-5, AK-6, piros színnel jelölve) az egykori járószintből származó betöltések mintái. Szerepük ebben a vizsgálatban a legfontosabb. Mivel a járószint nem maradt meg teljesen, indirekt módon az innen származó betöltésekre kell hagyatkozni. Az AK-5 minta szerepe kitüntetett, mivel egy sztyeppe területre jellemző fitolitösszetételű (Golyeva 2001a) talajból felső szintjéből származik, ahol a meleg-nedves klímaindikátor fitolitok aránya a többi mintához képest kiemelkedő. A kemence tisztítása során, a kisöpört hamu egy része minden bizonnyal a kemence szája mentén, a kemence fala és a járószint határán felhalmozódott, bemosódott. Ezt támasztja alá, hogy ebben a mintában kiugróan magas az égett fitolitok és a pernye/faszén aránya, továbbá magas a szervesanyag tartalom is. De ami a legfontosabb, itt a legmagasabb a fák/cserjék fitolitjainak is az aránya, míg a fűfélék fitolitjai nincsenek jelen jelentős mennyiségben. A minták a bolygatatlan altalajhoz képest is elkülönülnek, mivel a fák/cserjék aránya ott alacsonyabb, míg a fűféléké magasabb. Ezek alapján a fatüzelés bizonyítható.

A harmadik egység (AK-7 – AK-10, sárga színnel jelölve) a kemence szerkezeti elemeiből, magából az építőanyagból származik. A fitolitok, melyek ezekből a mintákból származnak, nem használhatóak fel a szarmata kemence építése és használati idejének környezetrekonstrukciójához semmilyen összfüggésben, mivel a fitolitok korábbi, az építőanyag kialakulásának állapotát jellemzik, de erről pontos adatok nem állnak rendelkezésemre. A minták cluster analízise során (26. ábra) a három mintacsoport egyértelműen elkülönül, ami a mintavételi stratégia fontosságát támasztja alá a kemencék fitolitvizsgálata során, azaz a kemencék vizsgálata során igen eltérő eredményeket kaphatunk

a pontatlan mintavétel eredményeként. Ugyanakkor megfelelő mintavétellel a tüzelő anyag pontosan meghatározható.

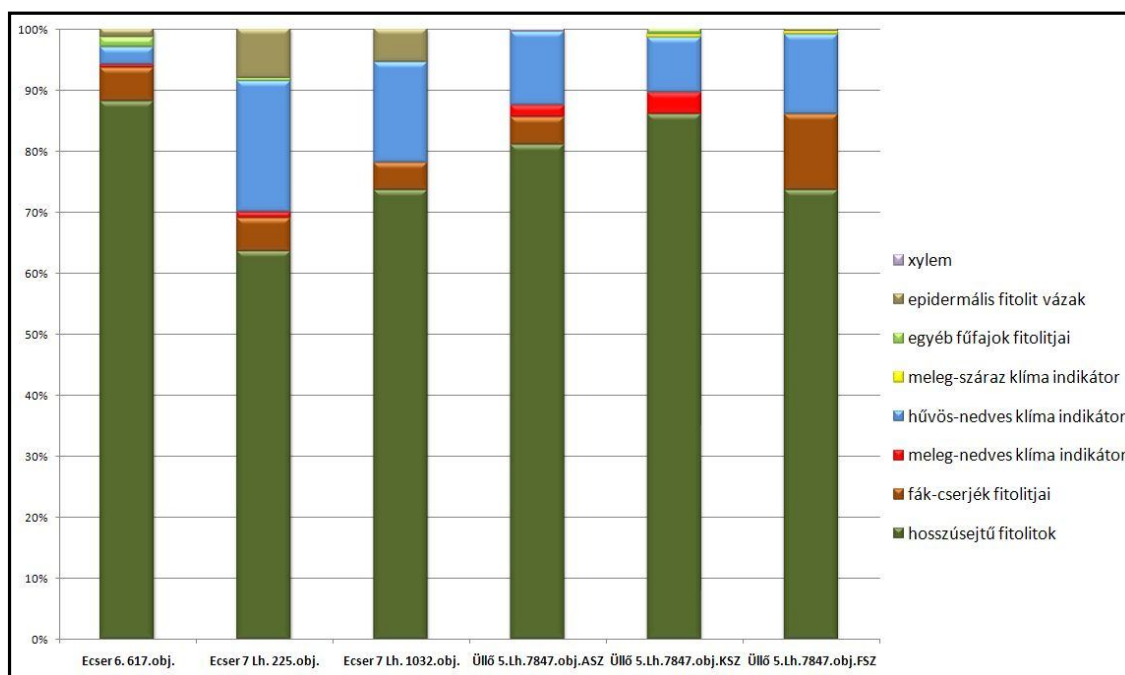


26. ábra. A szarmata kemence mintáinak hasonlósági vizsgálata

5.7. Az MO autópálya déli szektorának lelőhelyeiről (Ecser, Üllő) származó minták vizsgálatának eredménye

Az MO autópálya déli szektorán végzett ásatások során 23 objektumból 25 minta került feltárássra, melyek közül 6 minta (19. melléklet) tartalmazott elegendő (min. 200 db) növényi opalitot. A minták egy része Vecsés közeléből, a Vecsés-36 lelőhelyről került elő, azonban a vecsési minták egyikében sem volt elegendő fitolit.

A statisztikailag értékelhető minták fitolitjai között a nagyméretű (40-250 mikron, 45-60%) hosszúsejtű fitolitok (Elongate) dominálnak (20. - 21. melléklet, 27. ábra), melyek a száraz habitatok pázsitfűfajainak (*Poaceae* sp.) indikátorai. A fitolitok szinte valamennyi meghatározott típusa szintelen volt, mely az erdőssztyepp fitolitjainak a jellegzetessége (Golyeva 2001a). A fitolitok gyakorisága alapján a legeltetett, erős emberi hatás alatt álló területtel számolhatunk, míg a méretbeli eloszlás alapján egy változó, azaz emberi hatásra rövid idő alatt átalakult vegetáció valószínűsíthető (Golyeva 2001a). Ki kell emelni, hogy egyik mintára sem volt jellemző, hogy természetű növények fitolitjait tartalmazta volna.



27. ábra. Az MO autópálya déli szektorából származó minták fitolit típusai

A mikroklimatikus viszonyok az üllői minták esetében különösen markánsan kirajzolódnak. De meg kell jegyezni, hogy a régészeti objektumokból előkerült, szórt minták esetében különösen figyelembe kell venni a fitolitok lokális felhalmozódását. A fás vegetáció arányának növekedése esetén a hűvös-nedves klíma-indikátor fitolit formák aránya nem változik, de a változatosságuk csökken. Ugyanakkor a fás vegetáció csökkenése illetve eltűnése esetén megjelennek a melegkedvelő fitolit formák (még a száraz-sztyeppi feltételeket kedvelő díszített hosszúsejtű fitolit formák is, (pl.: *Elongate sinuate*, *E. echinate*, *E. hyperechinate*), és minden csoport esetében jelentősen megnő a formák változatossága. Mivel a főbb csoportok aránya nem változik, a fák-cserjék eltűnését nem a mezo- vagy makroszintű klíma változásának, hanem sokkal inkább emberi hatásnak kell tekinteni.

Ecser 6. lelőhely 617. objektum

A minta rézkori (Bádeni kultúra) lelőhelyről származik. A késő rézkorban az addigi hűvösebb-csapadékosabb, kiegyenlítettebb klíma enyhülni kezdett. A minta fitolit tartalmában majdnem 90%-os dominanciát mutat a hosszúsejtű fitolit. Az összetétele azonban nagyon homogén. Szinte kivétel nélkül csak az egyenes oldalú változata (*Elongate*) található meg. A díszített, hullámos oldalú fitolitok a szárazabb területeket részesítik előnyben (22. melléklet). A fűfélék hosszúsejtű fitolitjainak ilyen méretű dominanciája és homogenitása jelentős emberi hatást, legeltetett, nyílt területeket feltételez. A fák fitolitjai 5,5%-ot érnek el a teljes mintában, míg a hűvös-nedves klíma-indikátorok 3%-át adják az összes fitolitnak.

A fitolitik méretbeli és formai gazdagsága alapján (Golyeva 2001a) erősödő szárazodást (Elongate fitolitok 50% alatti aránya) feltételezhetünk. A nyílt tér, ami a fitolitok alapján kirajzolódik, jelentős antropogén hatás alatt állt, éppen ezért klimatikus viszonyokra következtetni nehéz belőlük ilyen kiugró hosszúsejtű fitolit mennyiség mellett. Az ariditás fokozódása beleillik a rézkor kezdetéhez kötődő éghajlatbeli változásokhoz, azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni annak a lehetőségét, hogy az emberi tevékenységek környezet átalakító hatásának köszönhető az, hogy a szárazabb klímát kedvelő növények dominanciája nőtt, mivel a nyílt, száraz legelők jelentősebb párolgási veszteséget, több napfényt jelentenek.

Ecser 7 lelőhely 225. objektum

A mintavétel egy késő-szarmata gödörből történt. A fitolit összetételében a hosszúsejtű (Elongate) fitolitok a meghatározóak. Igen jól fejlett, 40 mikronnál nagyobb méretű fitolitok dominálnak (60%) a mintában, azonban ezek alakgazdagsága, díszítése alig mutat változatosságot. A közel azonos mérettartomány és jellemző egyveretűség alapján egy homogénebb, a többi mintához képest kevesebb sztyeppei elemet tartalmazó füves területet feltételezhetünk. Bár az epidermális fitolit vázak aránya ebben a mintában a legmagasabb (összesen 8%), a hosszúsejtű fitolitok nem szerepelnek a váz formában. A fákhoz, cserjékhez köthető nagyméretű fa-cserje fitolitok aránya alacsony (10% alatt). A fitolitok jellemzően színtelenek, ami szintén a nyílt sztyeppei területek fitolitjainak jellemzője. A meleg klímát jelző indikátor növények fitolitjai mindössze 1 %-ot tesznek ki. Annál jelentősebb azonban a hűvös-nedves klímát jelző fitolitok aránya (21,5 %), melyen belül két domináns formát lehet elkülöníteni a trapéz (Trapeziform) és a négyzet alakút (Rectangle). Ezek igen gyakori, kisméretű fitolit formák, melyek a csapadékban bővelkedő sztyeppei vegetációk indikátorai.

A hosszúsejtű fitolitok méretében is – hasonlóan, mint a teljes fitolit sokaságban (22. melléklet) - a nagyméretű (40 mikronnál nagyobb) formák dominálnak egyértelműen, ami a pionír vegetációk egyik jellegzetessége (Golyeva 2001a). Jelen vannak tehát a vegetáció bolygatásának nyomai, de ugyanakkor még nincs egyértelmű bizonyíték a fitolit mintában a terület rendszeres művelésére, ami egy gödör objektum esetében várható is. A mintából előkerült 2 db fitolit töredék, amely gabona fitolitiként határozható (*Triticum* sp.). Ez a mennyiség nagyon kevés, különösen annak fényében, hogy egy-egy művelt terület gabonafitolit produkciója (*Triticum* fitolit vázak) elérheti a 30-40 %-ot is az összes fitolit mennyiségben, akár egy neolit gabonatermesztő kertkultúra (hortikultúra) talajszintjében is.

A fák hiánya az emberi megtelepedéssel szoros kapcsolatban lehet. Ugyanakkor, ha egy emberi közösség által lakott nyílt területen a nedves klímát jelző fajok együttesen több 22,5 %

arányban vannak jelen – ráadásul két, közel azonos dominanciájú jellegzetes formával - akkor feltételezhetünk hűvösebb, csapadékosabb mikroklimát az egykori megtelepedés során.

Ecser 7. lelőhely 1032. objektum

A vizsgált minta hasonlóan az előzőhöz, egy késő-szarmata gödörből származik. A fitolitok összetételében azonban eltérés mutatkozik, mégpedig a nedvesebb klímát kedvelő növények rovására. Ezeknek az elemeknek a visszaszorulásával (5%-os csökkenés) párhuzamosan eltűnik a mintából a jellegzetes trapéz formájú fitolit (Trapeziform). Ugyanakkor a hosszúsejtű fitolitok aránya nő, mégpedig úgy, hogy meghaladja a 70%-os határt (22. melléklet). Ez a határ a trágyázás megjelenésével azonosítható (Golyeva 2001a). Mivel termesztett növények fitolitjai nem kerültek elő, ezért ha valóban trágyázással „segített” növények éltek is a területen, nem valószínű, hogy a trágyázás a növénytermesztés miatt lehetett. Mivel a pázsitfűfélék (*Poaceae*) fitolitjai rendkívül magas arányban vannak jelen, elképzelhető, hogy legelőként hasznosították a területet, vagy pedig az állatállomány biztonságba helyezését, őrzését szolgáló területről van szó. De lehetséges, hogy a gödörbe juttatott nagy mennyiségű szervesanyag mintegy szerves komposztként váltotta ki a trágyázáshoz hasonló hatást (talajerő utánpótlás). Ennek eldöntéséhez geokémiai és a gödör betöltésének iszapolás utáni makrobotanikai vizsgálatokra lenne szükség.

A csapadékosabb klímát kedvelő növények fitolitjainak eltűnése sugallja, hogy esetleges szárazodás, felmelegedés történt a területen. Azonban a meleg-száraz éghajlatot jelző fitolitok sem jelentek meg a területen. A fák aránya továbbra sem változik a mintában. Bár a fák fitolitiképző képessége gyengébb, mint a lágyszárúaké, ez az aránybeli különbség a mintákban a fűfélék javára (95-5%) egyértelműen a fűfélék dominanciáját jelenti. Feltűnő, hogy mindegyik statisztikailag elemezhető mintában 5 % körüli értékben van jelen a nem fűfélék fitolitja. Sajnos azt, hogy ez pontosan mennyi fát jelent egy adott területen, nehezen számítható. Ennek ellenére egy szinte teljesen nyílt területet feltételezhetünk. A fák-cserjék feltárt fitolitjai nem azonosíthatóak még család szinten sem, mivel kellő bélyegek hiányoznak a fitolitokról, valamint a rendelkezésre álló referencia anyag sem teljes még.

Üllő 5. lelőhely 7847. objektum alsó szintje (ASZ)

A vizsgált minta egy szarmata gödör betöltését képezte. A mintavételezés a gödör aljáról (ASZ), a betöltés középső részéből (KSZ) és a betöltés tetejéből (FSZ) történt. Sajnos a mintavételezést nem én végeztem, a pontos centiméterben rögzített mélységadatok pedig

nem állnak rendelkezésre, azonban a fotódokumentáció alapján elmondható, hogy a három különböző szint a gödör élettartamát öleli fel a kialakítástól a teljes feltöltődésig.

A gödör alsó szintjéből származó mintában a hosszúsejtű fitolitok a leszámolt növényi opalitok 4/5-ét teszik ki. A hosszúsejtű formák azonban itt nem mutatnak az előző minták esetében kimutatható homogenitást. Az egyenes oldalú (Elongate) hosszúsejtű fitolitok mellett (48%) megjelennek a különböző „fogazatokkal” díszített egyéb formák is (Elongate sinuate - 22%, E. echinata - 9,5%, E. hyperechinata - 0,5%). A környezeti feltételek lokális szinten jelentős eltéréseket mutatnak az előzőekhez képest. A különböző díszített oldalú fitolit formák az arid-sztyeppe-i pázsitfűfélék jellemzője. A 80%-os hosszúsejtű fitolit arány 10%-kal mutat többet a két korábban bemutatott mintához képest. A fák-cserjék fitolitjainak aránya ugyanakkor nem változott, továbbra is 4,5 %.

A hosszúsejtű, nagyméretű fitolitok előretörése alapján az ember növénytermesztő/állattenyésztő tevékenységének fokozódására lehetne következtetni. A termesztett növények fitolitjainak karakteres megjelenése azonban nem történik meg ebben a mintában sem. Két fontos tulajdonságot azonban ki kell emelni az értelmezés során. Egyrészt a hűvös-nedves klíma indikátor fitolitok csaknem az előző kettő mintában tapasztalt dominanciát mutatják (12 %). Ez annak fényében érdekes, hogy ebben a mintában mindezek mellett megjelennek a meleg-nedves klíma indikátorok is, igaz kis mennyiségben (2%). Ezzel együtt egy hosszúsejtű fitolitok túlnyomó többségével jellemezhető mintáról beszélhetünk, amiben az előzőekhez képest nagy változatosságban fordulnak elő a különböző fitolit formák. A változatos megjelenésű hosszúsejtű fitolitok még váz formájában (Elongate long cell skeleton) is megjelennek, egyedüli esetben a vizsgált minták közül.

A másik érdekessége ennek a mintának a xylem-fitolit, még ha csak 0,5 %-át teszi is ki a minta fitolitjainak. Az előkerült példány mérete alapján a nagyméretű fitolitok közé tartozik. Mivel a xylem a növény vízszállításában játszik kulcsszerepet, ez a ritka fitolit pont ennek a növényben haladó „vízfelvételi csatornának” a méretét, formáját őrizte meg. Feltételezhető, hogy a jól fejlett xylem-fitolit (sajnos közelebbi határozás nem lehetséges) nagy vízigényű növényről származik, hiszen jelentős méretű fitolit szemcsét tudott kiválasztani a xylemben. A nagyobb vízigényű növények dominanciájának növekedése pedig feltételezhető, hiszen mindkét csapadékjelző indikátor-csoport jelen van a mintában.

A mintában, bár jelen vannak a különböző klíma-indikátor formák, a vizsgált területen a melegebb-szárazabb mikroklíma volt az uralkodó. Ez lehetséges, hogy csak valóban kis területre (déli kiettségű füves udvar) vonatkozik, hiszen a csapadékosabb klímát jelző növények is jelen vannak, de a díszített oldalú fitolitok mégis akkora arányban fordulnak elő,

mint a csapadékosabb klímát jelző formák összesen. Mivel azonban az utóbbiak is magtálálhatóak, nem beszélhetünk egyértelműen száraz-sztyeppéről, annál kiegyenlítettebb mikroklímájú területről származik a vizsgált minta.

Üllő 5. lelőhely 7847. objektum középső szintje (KSZ)

A mintából hiányoznak a fák-cserjék fitolitjai. Mivel a fitolitok lokális felhalmozódásúak, számos oka lehet annak, hogy a nincsenek a mintában (lakott terület, közösségi tér, stb.). Ugyanakkor ez a minta adja a legnagyobb változatosságát a fitolitoknak. Gyakorlatilag egymás mellett jelen vannak a különböző indikátor fitolitok (hűvös-nedves, meleg-nedves, meleg-száraz), több formával is képviselve magukat.

A legutóbb bemutatott mintához nagyon hasonló mennyiségben vannak jelen ebben a mintában is a hűvös-nedves indikátor fitolitok. A fák-cserjék hiánya nem csak a fitolit-összetételben mutatkozik meg. A lombos fák kellő lombkorona esetén hatékonyan tudják a mikroklímát átalakítani, kiegyenlíteni, ami elsősorban a hűvösebb-nedvesebb mikroklímájú közeget kedvelő növényeknek előny. Ha azonban eltűnnek a fák, megnő a nyílt területek aránya, azaz azok a növények is megjelennek a fa- és cserjementes területen, amelyek a napfényes területeken érzik jól magukat. A famentes területen tehát egyértelműen nő a lágyszárúak sokszínűsége, amit a fitolit formák változatossága is bizonyít. Az ASZ-hez képest csökken az aránya és a változatossága a száraz-sztyepei feltételeket kedvelő díszített hosszúsejtű fitolitoknak.

Üllő 5. lelőhely 7847. objektum felső szintje (FSZ)

A minta a szarmata gödör legfelső részéből, a gödör életének utolsó stádiumából származik. A három statisztikailag értékelhető minta közül, melyek az üllői 7847. objektumból származnak, ebben a mintában a legmagasabb a fák, cserjék fitolitjainak aránya (12,5%), több mint kétszerese a többi mintához képest. Jellemző, hogy az előzőekben bemutatott mintákhoz viszonyítva a fitolitok formája kevésbé változatos. A hosszúsejtű fitolitoknál egy egyszerű, díszítetlen oldallal rendelkező (Elongate) a domináns. A hosszúsejtű fitolitok aránya is lecsökkent, ugyanakkor pont ezzel a mennyiséggel (5%) nőtt a fák-cserjék aránya. Ebben a mintában a legnagyobb a hűvös-nedves klímát kedvelő növények változatossága. Hiányoznak ugyanakkor a meleg-nedves klímát kedvelő indikátor növények fitolitformái. Megjelennek kis mennyiségben a meleg-száraz klímát jelző növényi opalitok is.

Ha a fák előretörését egy hűvösebb mikroklímával azonosítjuk, akkor látszik, hogy ezzel egyidőben visszaszorul és csökken a változatossága a hosszúsejtű fitolitoknak. A hűvös-

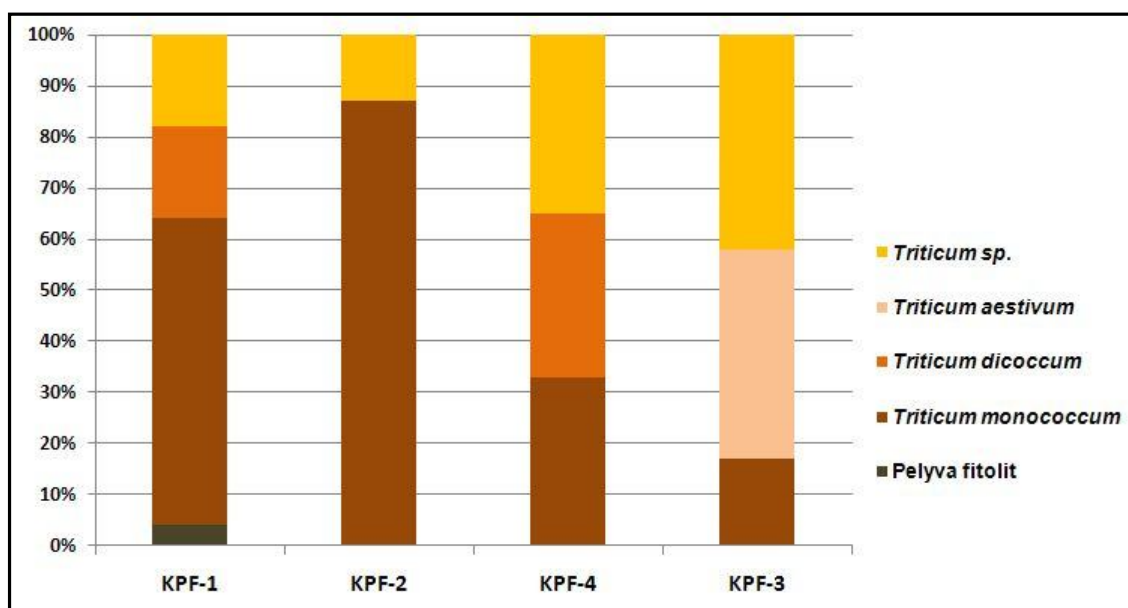
nedves klímát kedvelő növények ellenben a kedvező feltételeket kihasználva egyre nagyobb változatosságot mutatnak. Mindez ugyanakkor magyarázható azzal is, hogy a gödör (település?) felhagyásával, majd feltöltődésével, az addigi mikroszintű tájhasználat változásával előretört a fás-cserjés vegetáció, és ez okozza a fitolit adatokban történt változást az alsó, valamint a középső szinthez képest. Természetesen az emberi hatás és egy enyhébb klimatikus változás mutathat összefüggést.

Minden esetre ennek a gödörnek a története fontos bizonyíték lehet arra nézve, hogy egy viszonylag rövid élettartamú objektum esetén is lehetséges a fitolitok segítségével az objektum közvetlen közelében élő vegetáció rövidtávú változásának a nyomon követése.

5.8. A Kemenespálfa - Zsombékos lelőhelyről előkerült malomkövek és őrlőkövek fitolitelemzésének bemutatása

A Kemenspálfa - Zsombékos lelőhelyről előkerült malomkő/őrlőkő töredékeken fennmaradt gabonafélék fitolitjait vizsgáltam, mivel a kutatás által azt szeretnénk volna megállapítani, hogy milyen növényeket őrlhettek a feltárt kövekkel. Hasonló vizsgálatokat hazánkban egyáltalán nem (sőt, a világban is csak alig néhányat) végeztek, a kutatás inkább kísérlet jellegű volt. Nincsenek alapos ismereteink recens minták vizsgálatára (kísérleti régészet), így a fitolitok megőrződése az őrlő felületen számos kérdést vet fel.

Az elemzés során nem tudtam valamennyi követ feltárni, hiszen méretük miatt nem fértek be az ultrahangos tisztító készülékbe. A vizsgált malom- és őrlőkövek (23. melléklet) kelta eredetűek (KPF-1, KPF-2, KPF-4), valamint IX-XI.- századiak (KPF-3). Ez utóbbiak fitolitjait összevonva vizsgáltam, mivel egy malomkő töredékeiről van szó.



28. ábra. A kemenespálfai minták fitolitelemzésének eredménye

A vizsgálat során használt ultrahangos feltárással számos fitolit típus került elő, azonban most csak a gabonafélék (*Triticum* sp.) fitolitjaira összpontosítok (24. melléklet, 28. ábra), mivel a többi forma a talajból kerülhetett a kövekre, és ezek vizsgálata most nem volt célunk.

A gabona fitolitok azonosítása nagy nehézségekbe ütközött, mivel igazán ép, karakteres példányok nagyon ritkán fordultak elő.

Kelta malomkő és őrlőkő maradványok (KPF-1, KPF-2, KPF-4): A vizsgált minták közül egy alkalommal került elő pelyva fitolit (KPF-1). A gabonafitolitok esetében az alakor (*Triticum monococcum*) dominanciája a meghatározó, különösen az KPF-1 és KPF-2 minta esetében. Igen szembetűnő ez a középkori mintával összevetve (KPF-3). A KPF-1 és KPF-4 minták felületéről tönke (*Triticum dicoccum*) fitolitok is előkerültek, az első esetben kisebb, míg a második esetben az alakoréval közel megegyező arányban. A pontosabban nem határozható gabona fitolitok aránya 20% alatti a KPF-1 és KPF-2 minta esetében. A gömb alakú őrlőkő fitolitformái közel azonos eloszlást mutatnak, míg a KPF-2 minta csak két fitolit típusot tartalmazott, melyek között az alakor több mint 85%-ot tesz ki, ami azért is különös, mert az archeobotanikai maradványok alapján a vaskorban az alakor jelentős visszaszorulását valószínűsítik (Gyulai 2001), miközben a tönke és egyéb gabonafélék (árpa, rozs) termesztése fellendül, melyek ezekről a mintákról teljesen hiányoznak. Természetesen a vizsgált minták kis mennyisége messzemenő következtetéseket nem tesz lehetővé, de az biztos, hogy ezekkel a kövekkel elsősorban alakort és tönkét őrltek.

Középkori malomkő (IX-XI.sz.) töredékei (KPF-3): A vaskori (kelta) töredékekkel szemben jelentős eltérés tapasztalható, ugyanis e malomkövek felületéről kinyert fitolitok között már a közönséges búza (*Triticum aestivum*) fitolitjai, valamint a pontosabban nem határozható gabona fitolitok dominálnak. Jelen van még az alakor is, de igen kis arányban (15%). Bár a közönséges búza megjelenése várható volt a mintákban, a fitolitok alapján egyértelműen továbbra is csak két őrlt gabonafélét különíthetünk el.

5.9. A hollandiai Swifterbant melletti neolitikus lelőhelyről származó minták fitolitvizsgálatának eredményei

A hollandiai Swifterbant melletti S4 neolitikus lelőhelyről Dr. Daan Raemaekers holland régészprofesszor, a Groningeni Egyetem Régészeti Intézetének igazgatója által küldött neolitikus minták vizsgálata során az alábbi kérdésekre kerestük a válaszokat a fitolitelemzés segítségével.

1./A vizsgálat alá vont monolit (7. ábra) elemzésével kimutatható-e a kérdéses régészeti horizontban a gabonatermesztés, mivel a fitolitok jelentős része, szemben a pollenekkel, nem terjed jelentős távolságra (hivatkozási alap fitolitelemzés Ecsefalva!). Így a fitolitok alapján

a lokális gabonatermesztés létét, vagy hiányát, és nem egy nagyobb régió gazdálkodását lehetett tanulmányozni a vizsgált szintekben.

2./Az előzetes adatok alapján nem lehettünk biztosak benne, hogy maradtak-e fenn egyáltalán jó minőségű pollenek az általunk vizsgált horizontban, így az egykori öskörnyezeti elemzés archeobotanikai részét döntően a fennmaradt fitolitokra támaszkodva lehetett elvégezni.

3./Kiemelkedően fontos kérdéskör volt és a rétegből előkerült fitolitanyag értelmezését is alapvetően meghatározta, hogy a monolitban megfigyelt zsákszerű struktúra lehetett-e neolitikus földművelési technika (ásóbot) nyoma (8. ábra)?

4./Az ugyaninnen, szintén neolit rétegekből előkerült sertés koprolitokat érdemes-e fitolitra vizsgálni, és ha igen, alátámasztják-e az első kérdésre adott választ? Tartalmaznak-e a sertés koprolitok gabona fitolitokat?

5./Az ugyaninnen származó neolit korú sertésfog maradványokon található-e bármiféle bizonyíték a gabonatermesztésre, vagy a monolit alapján rekonstruált gazdálkodási képre?

A disszertáció terjedelme szabta terjedelmi korlátok miatt csak a legfontosabb eredményeket ismertetem.

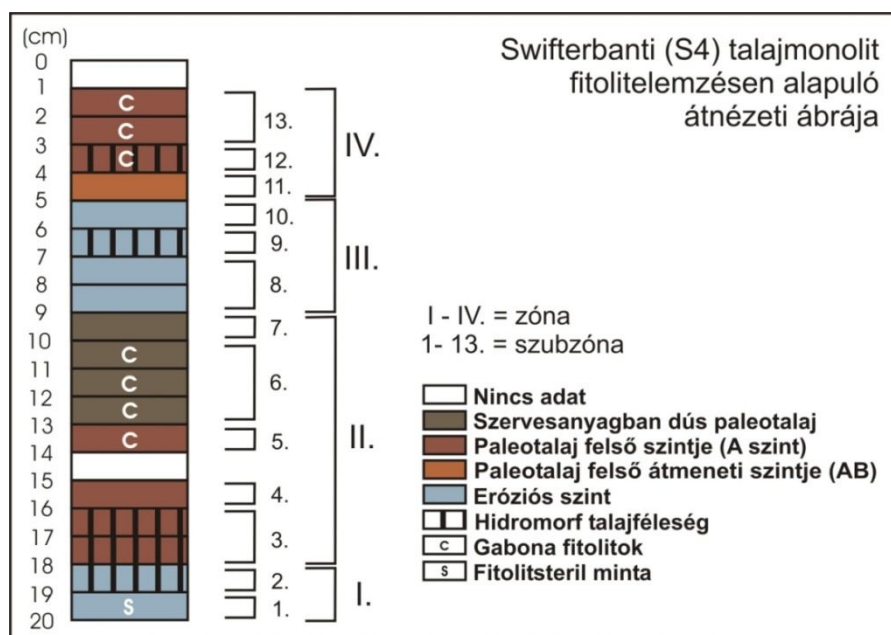
A swifterbanti S4 lelőhely talajmonolitjának vizsgálati eredménye

A 20 cm magas monolitot centiméteres felbontással vizsgáltam, hogy átfogó képet kapjak arról a környezetről, ahol a kérdéses zsákszerű struktúrák kialakultak, valamint ahol a gabonatermesztést feltételezték a régészek. A fitolitvizsgálat eredményét az alábbi, összevont fitolitdiagramok tartalmazzák (25. melléklet), melyekben a fitolitokon kívül a szivacstűk, a diatómák is fel vannak tüntetve, bár ezek részletes határozása nem történt meg, mivel nem volt célja a kutatásnak. A mikroszkóp látómezőjében a pernyye/faszén koncentrációt is figyeltem, ezek száma azonban nem pontos, mivel csak hozzávetőleges arányokat mutat.

A diagram első része a gabonaféléket tartalmazza, melyből egyértelműen kiderül, hogy a monolit kialakulása idején volt gabonatermesztés a területen, még ha a pollenek tönkre is mentek. A termesztett gabonanövények közül az alakor (*Triticum monococcum* L.) és a tönke (*Triticum dicoccum* Schrank), valamint egy mintában az árpa (*Hordeum vulgare* L.) különíthető el. Az is világosan látszik, hogy a monoliton belül két zóna rajzolódik ki, ahol a gabonák fitolitjai megjelennek. A monolit zónáinak áttekintő elemzéséhez az összefoglaló jellegű 29. ábra ad kiindulási alapot. A szubzónák és zónák bemutatása az alábbiakban következik.

1. szubzóna (20-19 cm): Teljesen fitolitsteril szubzóna. Jelen vannak a szivacstűk, és a monoliton belül a legnagyobb mennyiségben a tengeri diatóma vázák.

2. szubzóna (19-18 cm): Jellemzően tengeri elöntés alatt lerakódott üledéket tartalmaz, mely már tartalmaz hidromorf talajokra jellemző fitolitokat (Golyeva 2001), melyek esetleg a felette lévő szubzónából mosódhattak le. A hűvös-nedves klímát jelző fitolitok aránya magas.



29. ábra. A swifterbanti talajmonolit fitolitokon alapuló zónái és szubzónái

3. szubzóna (18-16 cm): Egykori hidromorf paleotalaj felső A-szintje. Már megjelennek egyes gabona fitolitok, de számuk még elenyésző.

4. szubzóna (16-15 cm): Az egykori paleotalaj szintben a fitolitok mennyisége lecsökken, valószínűsíthető, hogy ebből a szubzónából kimosódás hatására áthalmozódtak a mélyebb szintben lévő 3. szubzónába.

5. szubzóna (14-13 cm): Átmeneti szubzóna, ugyanis már jelentős mennyiségben vannak jelen a gabonák fitolitjai, de magas szervesanyag tartalom még nem jelentkezik.

6. szubzóna (13-10 cm): Szervesanyagban dús, gabonafitolitokban (alakor) gazdag zóna, ahonnan még az árpa fitolitja is előkerült. Ez a zóna egyértelműen egy gabonatermesztésre (is) használt egykori talaj A-szintjét jelöli. A fűfélék fitolitjainak mennyisége is nő. A meleg-nedves klímát jelölő fitolitok előretörnek a hűvös-nedves klímát jelölőkkel szemben. Ebben a szubzónában jelen vannak a fák-cserjék fitolitjai is (Non-Grass Larger Cells).

7. szubzóna (10-9 cm): A 6. szubzónától elsősorban a gabonafitolitok arányának csökkenése miatt tér el, aminek oka lehet a fitolitok mélybe mosódása, melyet a későbbiben megjelenő tengerelöntés (8-10. szubzónák) csak fokozott.

8. szubzóna (9-7 cm): Egy ismételt tengerelöntés nyomai figyelhetők meg, mely nem volt tartós. A fitolitok száma lecsökken, de nem tűnnek el teljesen. Elképzelhető, hogy az elöntés és elhabolás hatására az egykori talajfelszínből halmozódtak át.

9. szubzóna (7-6 cm): Hasonlóan a 2. szubzónához, itt is hidromorf talajokra jellemző fitolitokkal számolhatunk, amelyek azonban egyértelműen áthalmozottak.

10. szubzóna (6-5 cm): A tengeri elöntésből származó üledék legfelsőbb része, kevés, áthalmozott fitollal, melyek között nincs gabonából származó példány.

11. szubzóna (5-4 cm): A monolit második gabonatermesztési szintje alatt elhelyezkedő szubzóna, mely az egykori művelt talaj AB átmeneti zónájához tartozhatott. Kis mennyiségű, áthalmozott alakor - fitolitokat tartalmaz. Újra megjelenik a Trichom fitolit, mely a szárazabb-melegebb klíma indikátora.

12. szubzóna (4-3 cm): Hidromorf talajokra jellemző fitolitok mellett a gabonatermesztés egyértelmű bizonyítékai uralják ezt a szubzónát. Érdekes, hogy az alakorral (*Triticum monococcum*) szemben ebben a paleotalaj-szintben már erőteljesebben vannak jelen a tönke (*Triticum dicoccum*) fitolitjai is.

13. szubzóna (3-1 cm): Az előző szubzónában megfigyelt trendek folytatódnak, de hidromorf jellege a talajnak a fitolitokban már nem mutatkozik.

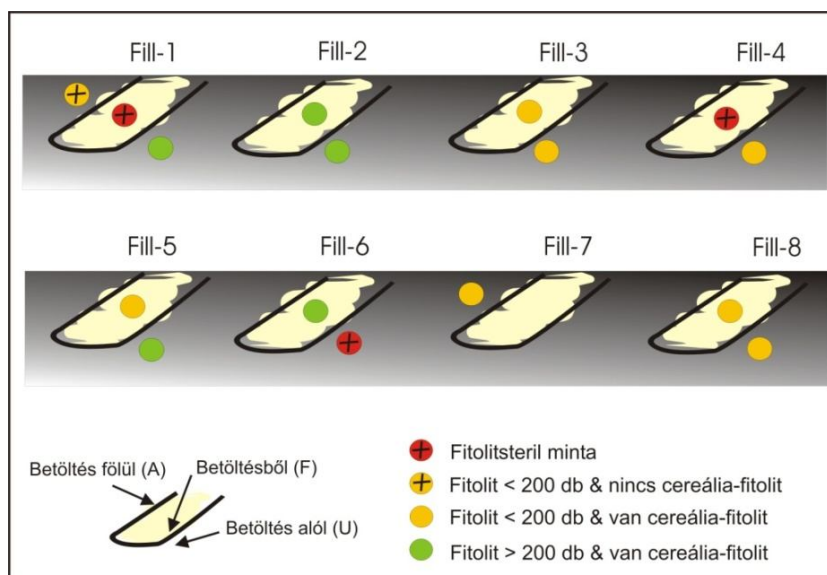
A talajmonolit elemzése alapján a szubzónák négy zónába sorolhatóak, melyek közül az I. és III. zóna egy tengerelöntés hatására kialakult üledéket jelöl, mely nem teljesen fitolitsteril, azonban a benne található fitolitok áthalmozottak. A II. és IV. zóna egy emberi megtelepedést és gabonatermesztést mutató paleotalaj-szinteket jelöl, melyekben a meleg-nedves, hűvös-nedves de még a száraz klímát jelző fitolitok is jelen vannak, azaz a gabonafélék mellett igen változatos vegetációval számolhatunk.

A swifterbanti S4 lelőhely talajmonolitjának zsákszerű szerkezetének vizsgálati eredménye

A monolitban található paleotalajokon gabonatermesztés folyt, ami egyértelműen bizonyítható a pollenek rossz megtartása ellenére is. A monoliton makroszkopikusan is megfigyelhető zsákszerű struktúrák eredetére vonatkozó vizsgálat során a mintavételi stratégiának nagy szerepe volt (8. ábra). Feltételezésünk szerint, ha a betöltés antropogén hatásra (pl.: ásóbot használattal történt talajlazítás) alakult ki egy „gabonakert” (hortikultúra) művelése során, akkor a betöltéseknek (8. ábra, F) tartalmazniuk kell meggyőző mennyiségben gabonától származó fitolitokat, míg a betöltés környezetének ettől eltérő képet kellene mutatnia (8. ábra A, U).

A megmintázott betöltések (Fill) belsejéből (F) a betöltés fölül (A) és a betöltés alól (U) származó fitolitvizsgálati eredményeket mutatja az alábbi összevont diagramokat tartalmazó ábra (26. melléklet).

A fitolitvizsgálat eredménye nem igazolta az antropogén hatást (ásóbot használat), mivel a betöltésekből (F) kevés gabonától származó fitolit került elő. A vizsgált 7 mintából, melyek a betöltésből származnak, kettő (Fill-1, Fill- 4) teljesen fitolitsteril volt (30. ábra). Csak két minta (Fill-2, Fill-6) tartalmazott legalább 200 db fitolitot, ezek között volt gabonától származó is. A fennmaradó 3 minta (Fill-3, Fill-5, Fill-8) tartalmazott ugyan cereália-fitolitot, azonban a leszámolt fitolit mennyiség nagyon kevés volt, nem érte el a 200 db-ot.

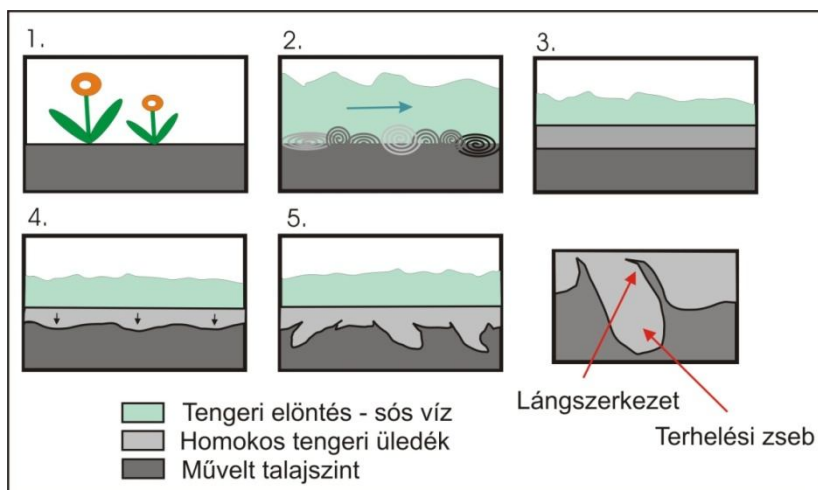


30. ábra. A swifterbanti talajmonolit zsákszerű struktúráinak fitolitelemzéseken alapuló karakterisztikája

Mindezek mellett az antropogén hatás ellen szól az a tény is, hogy a betöltéseket körbefogó, tengeri elöntéskor lerakódott üledékben hasonló fitolitösszetételt mutat. Mivel a monolit előzőekben bemutatott centiméteres felbontású elemzése alapján egyértelműen jelentős eltérés mutatkozik a tengeri elöntés hatására kialakult zónák (I., III. zóna) és a művelt paleotalaj-szintek között (II., IV. zóna), azt kell feltételeznünk, hogy a cereália-fitolitok jelenléte ellenére (kis mennyiség, nincs karakteres elkülönülés a betöltés és környezete fitolitösszetételében, mennyiségében), a vizsgált képződmények nem emberi hatásra alakultak ki. Ennek ellenére szoros kapcsolatban álltak az egykor művelt talajszintekkel.

Feltételezésünk szerint a vizsgált struktúrák annak ellenére, hogy mind méretben, mind megjelenésben nagyon hasonlóak egy talajlazításra használt ásóbot nyomaira, teljesen természetes módon alakultak ki. A struktúra az üledékföldtanban jól ismert deformációs szerkezet, mégpedig egy olyan terhelési zseb, melyben a „láng struktúra” is megfigyelhető (Balogh 1961). Ennek kialakulása a következőképpen történhetett (31. ábra). Az egykori művelt területre (31. ábra: 1.) hirtelen történt tengeri elöntés hatására (vihardagály) (31. ábra: 2.) homokos tengeri üledék rakódott le. Mégpedig úgy, hogy a gyors ülepedés miatt nem volt

idő a felkavart talajnak és a tengeri üledéknek az üledék fajsúlyának és szemcseméretének megfelelően leülepednie (31. ábra: 3.), aminek eredményeképpen a kisebb fajsúlyú, plasztikusabb rétegre egy nehezebb, durvább szemcseösszetételű réteg rakódott le. Ez a rendszer nem volt egyensúlyban, így a felső réteg differenciális terhelés és besüllyedés következményeként zsákszerűen benyomult az alatta lévő rétegbe úgy (31. ábra: 4.), hogy a zsákszerű forma (31. ábra: 5.) oldala mentén felfelé áramló kisebb fajsúlyú és szemcseösszetételű üledék lángnyelvre emlékeztető formát vett fel.



31. ábra. A terhelési zseb és a lángszerkezet kialakulás a swifterbanti monolitban

A monolitban megfigyelt struktúra előfordulása egy régészeti lelőhelyen kevésbé ismert, talán megtévesztő is, különösen egy olyan régészeti szintben, ahol joggal várhatóak ehhez hasonló, de antropogén eredetű formák. Régészeti lelőhelyekkel ellentétben azonban a geológiai fúrásokban ez a szerkezet közismert (27. melléklet).

A swifterbanti S4 lelőhely sertés koprolit mintáinak vizsgálati eredménye

A vizsgálat során feltárt 5 db koprolit minta (K-1, K-2, K-3, K-4, K-5) közül csak egy mintában (K-4) nem sikerült 200 db fitolitot leszámolni és meghatározni. A többi négy minta fitolitelemzésének eredményét a 28. melléklet tartalmazza.

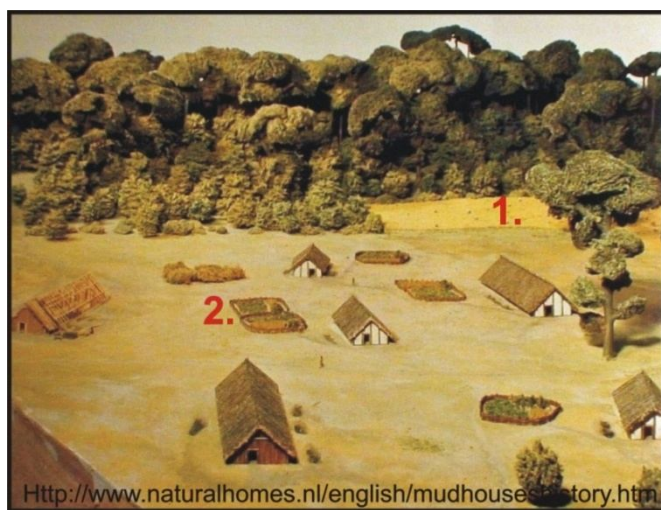
A minták elemzése alapján elmondható, hogy a statisztikailag is értékelhető négy minta esetében mindegyikből sikerült kimutatni az alakor (*Triticum dicoccum*) fitolitjait, ami szintén alátámasztja a területen történt gabonatermesztést.

Az a tény, hogy gabona részeket fogyasztott(ak) a sertés(ek), további kérdéseket vet fel. Hogyan lehetséges az, hogy a sertés gabonát fogyaszthatott a neolitikum kezdetleges mezőgazdasága mellett? Lehetséges, hogy takarmányozásra használták az alakort? Egyszerűen nem őrizték eléggé a kertet (hortikultúra), ahol a gabona termett, és egyszerűen

bejárhattak a sertések megdézsmálni a termést? Ilyen sok gabona, vagy ennyire értéktelen lett volna?

Elképzelhető, hogy jelentősebb területeken termesztettek gabonát (32. ábra: 1), de a terület adottságai alapján (medrekkel sűrűn tagolt, részben víz alatt álló, mozaikos területek) ez kevésbé valószínű. A neolitikumban feltételezett termésátlagok alapján az is valószínűtlen, hogy a nehezen megtermelt gabonát takarmányozásra használták volna. A gabonakertek kialakítása pedig fordított logikát tükröz a mai jellemző növénytermesztéssel szemben, ugyanis nem az állatokat kerítették körbe, hanem a házak közti kertkultúra növényeit védték az állatokkal szemben (32. ábra: 2). Néprajzi párhuzamok alapján csak az aratáskor elhullott gabonát fogyaszthatták a sertések, mivel aratás után a gabonaföldekre engedik az állatokat, hogy az elhullott pelyvát, szemeket elfogyasszák, a földet meglazítsák és trágyázzák (hajúforduló kialakítás) (Sándor 1963).

A sertések gabonafogyasztási időszakára vonatkozó feltételezést árnyalja az a tény, hogy a koprolitokban folyamatosan jelen vannak a nád (*Phragmites australis*) fitolitjai (Cuneiform bulliform), ha nem is túl nagy arányban (2-12%). Mivel a terület vízpart közelében helyezkedett el, a nád jelenlétét nagy mennyiségben feltételezhetjük. A sertésekről (mind a háziasított, mind a vad alakját tekintve) közismert, hogy a késő őszi, téli időszakban, mikor a táplálékforrások lecsökkennek, előszeretettel túrja ki a nád gyökértörzsét (rhizóma). (Itt meg kell jegyezni, hogy a rhizóma, magyarul „böndöle” iránti lelkesedés recens megfigyelések alapján nyáron sem szűnik meg teljesen a sertések körében.) Figyelembe véve, hogy a koprolit tartalmazott gabonát (betakarítás utáni időszak), de még a nád fitolitjai nem dominálnak (késő őszi, téli időszak), valószínűsíthető, hogy a fekáliák a sertések nyár végi, kora őszi táplálkozási szokásait tükrözik.



32. ábra. Neolit település rekonstruált képe (Elsoo, Kr. e. 5000)
<http://www.naturalhomes.nl/english/mudhouseshistory.htm>

A nád fitolitokkal kapcsolatban érdemes megjegyezni egy morfológiai jellegzetességet, melyet a határozás közben figyeltem meg. A monolit, valamint a betöltések vizsgálata során csaknem minden esetben ép fitolitokat találtam, míg a koprolitok esetében ezek túlnyomó része sérült, töredezett volt (29. melléklet), melynek oka valószínűleg a sertés tápcsatornáján keresztül tett út viszontagságai a felelősek.

A swifterbanti S4 lelőhely sertésfog vizsgálati eredménye

A swifterbanti S4 lelőhelyről előkerült sertésfog vizsgálata scanning mikroszkóppal történt. Célunk elsősorban az volt, hogy a feltérképezzük, mennyire használható ez a módszer, mennyi fitolitra számíthatunk. Igaz, egy minta vizsgálata alapján messzemenő következtetéseket nem vonhatunk le, a vizsgálat célja elsősorban metodikai jellegű volt.

A fog porózus szerkezete miatt a minta előkészítése során, valamint a scanning mikroszkóp működése alatt szükséges vákuum előállítása nehézségekbe ütközött, ezért kellett a fogat eltörni, és három darabban vizsgálni.

A fitolitoknak a fogak felületén való megőrződése régóta ismert tény, melyet egy gyakran idézett cikk alapján (Baker et al. 1959) azzal magyaráznak, hogy a fitolit keménysége nagyobb, mint az emlősök fogzománca, így egyszerűen a növényi opalit belesüllyed, és így rögzül a felületen. Ausztrál kutatók (Sanson et al. 2007) azonban a legújabb nanoindentációs eszközökkel végzett mérések alapján megállapították, hogy a fitolitok keménysége 51-211 Vickers-keménység, míg az emlősök fogzománca 257-397 Vickers-keménység. Ennek ellenére ismertek olyan felvételek, amin látszik, hogy a fitolit karcot húz a fogzománcon, és annak végében rögzül (Ciochon et al. 1990). A fagon található fitolitok rögzüléséhez így három mód valamelyike szükséges (Ciochon et al. 1990):

1. fogzománcba való benyomódás általi rögzülés,
2. kémiai kötés a fitolit és a fogzománc között,
3. a fogzománc felületi egyenetlenségét kihasználva rögzül egy erre alkalmas depresszióban.

A vizsgálatot megelőzően túlzott optimizmussal vártuk az eredményeket. Kiindulva Baker és kollégái számításából (Baker et al. 1959), ami szerint egy átlagos birka 10 kg fitolitot fogyaszt el egy év alatt, azt feltételeztük, hogy a nem csak növényeket fogyasztó, de a talaj túrása során abból jelentős fitolitot „felvevő” sertés fogán szép számmal találunk növényi opalitokat, hasonlóan a koprolitokhoz. Sajnos ez nem így történt, mivel alapos pásztázás és a fog felületeinek szisztematikus átvizsgálása után (amiért ezúton is köszönettel tartozom Dr. Tóth Zsoltnak, a MTA-SZTE Lézerfizikai Tanszéki Kutatócsoport tudományos főmunkatársának segítőkészségeért és türelméért) is mindössze három fitolitot találtunk (30.

melléklet), melyek között nem volt gabonától származó. A három fitolitnak elkészítettük, a Si-térképét, valamint a zöld kereszttel azt a pontot jelölik, melyen elemösszetételt végeztünk a RÖNTEC XFLASH detektorral, valamint láthatók az elemspektrumok a Si – Al – O csúcsokkal (30. melléklet).

A feltárt fitolitok közül a Rectangel forma hűvös-nedves klímát jelez, míg a hosszúsejtű Elongate forma a leggyakoribb fitolitforma, mely a pázsitfűfélék (*Poaceae*) között elterjedt. A harmadik forma pedig egy sérült Cuneiform bulliform fitolit, mely valószínűleg egy nádtól származik, azonban jellegzetes csúcsa és a fitolit 1/3-a letörött.

6. FITOLITVIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A hatodik fejezet a vizsgált lelőhelyek fitolitvizsgálati eredményeinek értékelését tartalmazza, melynek során összevetésre kerülnek (amennyiben ez lehetséges) a fitolitvizsgálat eredményei egyéb környezettörténeti vizsgálatok eredményeivel, valamint a kitűzött célok megvalósulása szempontjából.

Mivel e vizsgálatok igen összetettek (pl.: pollenelemzés, karpológia vizsgálatok, stb), a doktori értekezés terjedelmi korlátai miatt nincs lehetőség valamennyi faktorról való összevetésre.

6.1. A katymári löszszelvény fitolitvizsgálati eredményének értékelése

A katymári löszfal megismerésében, tudományos feldolgozásában úttörő szerepet játszott az SZTE Földtani és Őslénytani Tanszéke. A löszfal kutatásában a szedimentológiai, őslénytani és matematikai módszerekre alapozott tagolása után (Molnár – Geiger 1981) az igazi áttörést a löszfal 4 cm-ként történt malakológiai feldolgozása jelentette (Sümei 1998, Sümei et al. 2002).

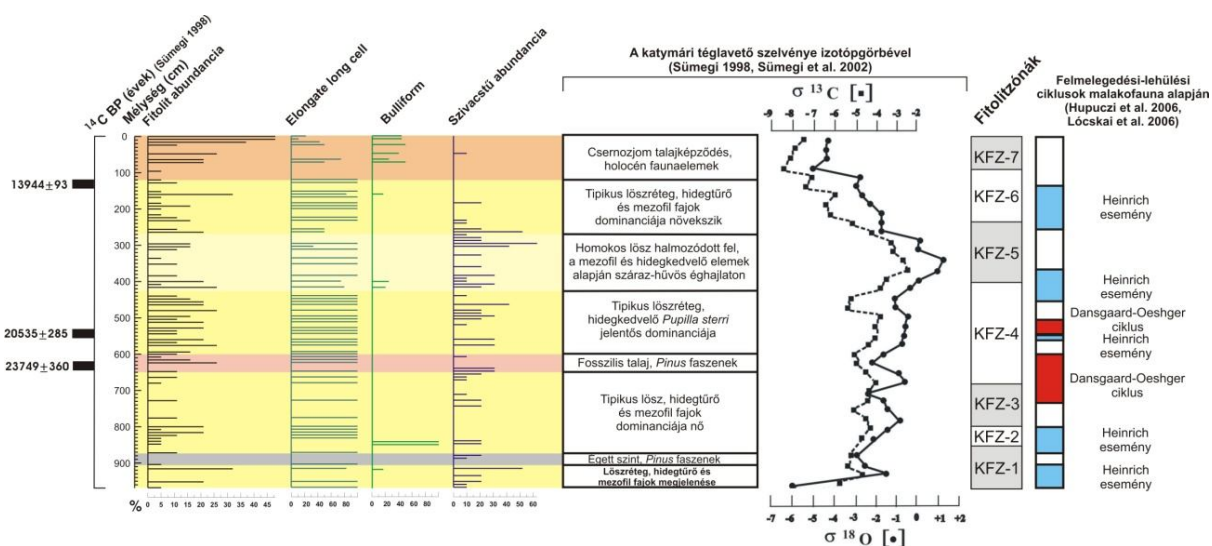
Az eltérő páratartalmi igényű, ám minden esetben hidegkedvelő *Mollusca*-fajok alapján (*Columella columella*, *Vallonia tenuilabris*, *Pupilla sterri*, *Discus ruderratus*) lehülési ciklusok mutathatóak ki a szelvényből, melyek a felső-würm glaciális hidegszintjeivel, a Heinrich eseményekkel (Heinrich 1988) hozhatók párhuzamba (Hupuczi et al. 2006).

A lehülési eseményekhez hasonlóan szintén a *Mollusca*-fajok alapján (*Granaria furmentum*, *Chondrula tridens*, *Pupilla triplicata*, *Helicopsis striata*) történt a Dansgaard-Oeschger felmelegedési ciklusok (Johnsen et al. 1991) kimutatása (Lócskai et al. 2006).

Az alábbi ábra (33. ábra) összefoglalóan mutatja a katymári löszszelvény szedimentológiai egységeit valamint izotópgörbáját (Sümei 1998, Sümei et al. 2002), a felmelegedési és lehülési eseményeket, valamint a fitolitzónákat.

Ezek alapján a következő megállapításokat tehetjük a fitolitvizsgálat eredményeiről.

A fitolitok legnagyobb abundanciája a löszszelvényen belül a KFZ-4 fitolitzónába tartozó fosszilis talajszintben és a felette elhelyezkedő hidegkedvelő *Pupilla sterri* dominanciával jellemezhető tipikus löszrétegben alakult ki. A várakozásainkkal ellentétben a fosszilis talajszint és az égett *Pinus*-faszeneket tartalmazó szint nem mutatott kiugró értékeket, igaz, a fenyőfélék fitolitakkumulációs képessége alacsony. A hidegtűrő és mezofil *Mollusca*-faunával jellemezhető zónákban a fitolitok abundanciája csökken, több mintából egyáltalán nem kerültek elő. Ennek a látszólagos ellentmondásnak, miszerint a *Pupilla sterri* dominanciájú tipikus löszrétegben több a fitolit, mint az enyhébb éghajlatot jelző, mezofil fajokban gazdagabb zónákban, az lehet az oka, hogy a hűvösebb időszak párasabb klímát, míg a melegebb időszak szárazodást jelentett a lesüllyedő talajvíz miatt. A vegetáció ennek hatására lehetett dúsabb illetve szegényebb (Sümei 1996, 2004, 2005).



33. ábra. A katymári löszszelvény fitolitzónáinak összehasonlító elemzése

A Heinrich eseményekkel párhuzamosítható fitolitminták esetében mindig alacsony a fitolit abundancia (de fitolitok minden esetben találhatóak), de kiugró változás nem tapasztalható sem az abundanciában, sem a fitolitok formai változatosságában. A Dansgaard-Oeschger felmelegedési ciklusai nagyrészt a legnagyobb fitolit abundanciával jellemezhető fitolitzónába (KFZ-4) esik.

A fitolitzónák nem párhuzamosíthatóak maradéktalanul a lehülési-felmelegedési eseményekkel, mivel azok kezdetei egymáshoz képest elmozdulnak, mégpedig úgy, hogy a fitolitzónák késve követik ezeket az eseményeket. Ennek oka pontosan nem ismert, de valószínűleg a szedimentációs valamint a fitolitok felhalmozódási szintjének elhelyezkedésével lehet magyarázni.

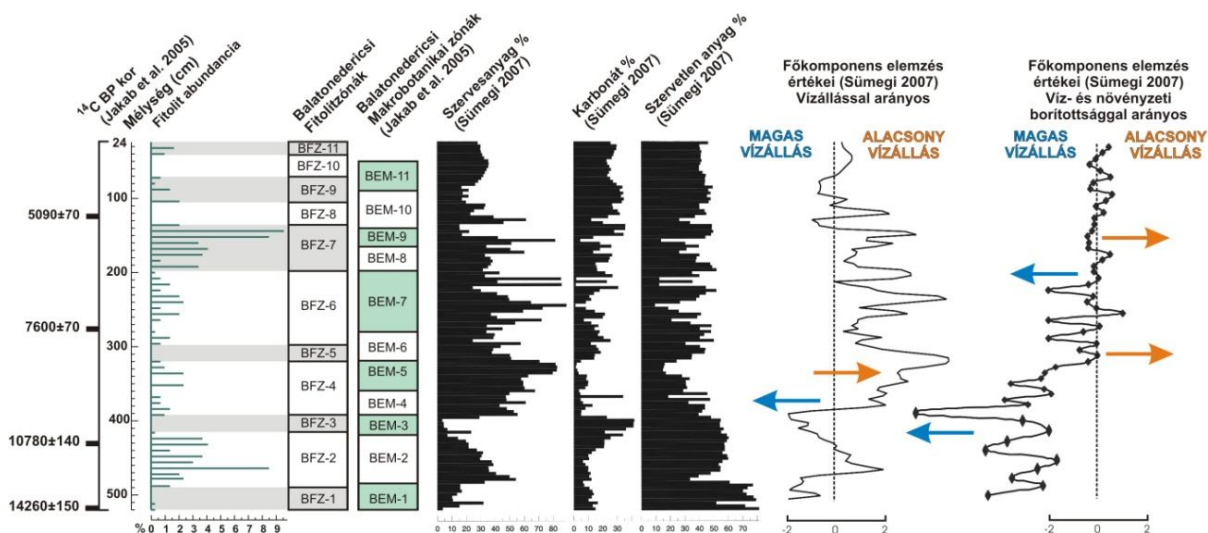
A fitolitok abundanciája ugyanakkor jól szinkronizálható a szedimentológiai egységek karakterisztikájában bekövetkező változásokkal.

A teljes löszszelvényben végzett fitolitelemzés alapján felállított zónák mutatnak egyezést más vizsgálatok eredményeivel. Az alacsony fitolitszám és formai változatosság miatt feltétlenül szükséges volna a feltárandó minták mennyiségét (5 gramm) a többszörösére növelni, hasonlóan a löszökben történt pollenfeltárásokhoz. Azonban nem biztos, hogy a katymári löszfal esetében ez a többszörösére növelt idő – energia - vegyszer ráfordítás megfelelő eredményt hozna, mivel a nemzetközi (Ho-Yuan Lu et al. 2005, Blinnikov 2002) és az eddig publikált hazai (Engel-di Mauro 1995) eredményekkel szemben a katymári löszfal paleotalaj horizontja sem volt gazdag sem fitolitokban, sem fitolitformákban.

6.2. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás fitolitelemzésének értékelése

A feldolgozott minták fitolittartalma szerény volt, ami a sekély tavi rendszerek esetében várható is. Ennek ellenére a fitolitok abundanciája alapján sikerült 11 zónát elkülönítenünk, melyek jól párhuzamosíthatóak a fúrás minta makrobotanikai zónáival (Jakab et al. 2005) (68. ábra).

A fitolitzónák nem rendelkeznek minden esetben olyan „felbontó” képességgel, mint a makrobotanikai zónák (BFZ-4 = BEM-4 + BEM-5 vagy BFZ-7 = BEM-8 + BEM-9), ugyanakkor jelentős párhuzamot mutat a fúrás minta szerves anyag tartalmával (34. ábra).



34. ábra. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás elemzéseinek összefoglalása

A mintában a magas vízállás a fitolitok mennyiségének jelentős visszaszorulásával mutat párhuzamot, míg az alacsony vízállás esetén a fitolitok mennyisége nő, igaz ez utóbbi a fúrás minta fiatalabb szakaszára (200 cm felett) jellemzőbb.

A fűrasminta fitolitelemzése során nem sikerült a makrobotanikai zónákkal párhuzamosítható, vagy pedig a vízszíntingadozásokhoz kapcsolódó karakterformát kimutatni. Egyik fitolitzónának sincs jellegzetes fitolitformája, azonban a növényi opalitokból számolt abundancia jól illeszkedik az eddig napvilágot látott elemzésekhez (Jakab et al. 2005, Sümegi 2007)

6.3. A tóközi fűrészek fitolitelemzéseinek értékelése

A tóközi fűrasminták közül 4 fűrasmag került fitolitelemzés alá, melyek vizsgálatával az árpádkori csatornarendszer tisztítási-felújítási ciklusairól (35. ábra) kaptunk információkat.

1.	TKF1	mélység (cm)	2.	TKF2	mélység (cm)	3.	TKF3	mélység (cm)	4.	TKF4	mélység (cm)
VI.	1.	90-91	VII.	1.	50-51	VII.	1.	85-86	VI.	1.	90-91
	2.	92-93		2.	52-53		2.	87-88		2.	92-93
	3.	94-95		3.	54-55		3.	89-90		3.	94-95
	4.	96-97		4.	56-57		4.	91-92		4.	96-97
	5.	98-99		5.	58-59		5.	93-94		5.	98-99
	6.	100-101		6.	60-61		6.	95-96		6.	100-101
V.	7.	102-103	VI.	7.	62-63	V.	7.	97-98	V.	7.	102-103
	8.	104-105	V.	8.	64-65	IV.	8.	99-100	IV.	8.	104-105
	9.	106-107		9.	66-67		9.	101-102		9.	106-107
	10.	108-109	IV.	10.	68-69	III.	10.	103-104	III.	10.	108-109
IV.	11.	110-111		11.	70-71		11.	105-106		11.	110-111
	12.	112-113		12.	72-73		12.	107-108		12.	112-113
	13.	114-115		13.	74-75		13.	109-110		13.	114-115
	14.	116-117	III.	14.	76-77		14.	111-112	II.	14.	116-117
III.	15.	118-119		15.	78-79	II.	15.	113-114		15.	118-119
	16.	120-121	II.	16.	80-81		16.	115-116	I.	16.	120-121
II.	17.	122-123		17.	82-83		17.	117-118		17.	122-123
	18.	124-125		18.	84-85		18.	119-120		18.	124-125
	19.	126-127	I.	19.	86-87	I.	19.	121-122		19.	126-127
	20.	128-129		20.	88-89		20.	123-124		20.	128-129
vegetáció előretörése						vegetáció visszaszorulása					
fitolitok mennyiségének csökkenése						fitolitok mennyiségének növekedése					

35. ábra. Tóközi fűrészek fitolitok alapján felállított zónáinak összevetése

Fitolitok alapján a fűrészekben összesen 7 db zóna különíthető el (I-VII). Mind a hét zóna azonban csak két fűrásban (TKF-2, TKF-3) található meg. A TKF-1 fűrásból az I. zóna, míg a TKF-4 fűrásból a VII. zóna hiányzik. A fitolitok alacsony számát az árok használatával azonosíthatjuk, feltételezve, hogy azt tisztították, karban tartották. Ekkor ugyanis a növényzet nem nőhetett be az árkot, mert ezzel a víz áramlását, azaz a csatorna hatásfokát csökkentették volna. A karbantartási munkák felhagyásával, a tisztítás elmaradásával a növényzet azonnal elkezdte a kolonizációt az árokban. Ez tükröződhet a megemelkedett fitolit mennyiségben. Ezeket a zónákat az árok használatának felhagyásával azonosíthatjuk. A zónák jól párhuzamosíthatóak egymással a különböző fűrészekben, éppen úgy, ahogy egy egységes rendszertől ez elvárható.

A fitolitok lokális felhalmozódása miatt a vegetáció rekonstrukciója kimondottan az árok területére vonatkozik. Ez alapján elmondható, hogy a nád (*Phragmites australis*) fitolitjai

adják a legjelentősebb tömeget mindegyik fűrásban. Megjelennek különböző indikátor fitolitok is, ezekből kettő a nedves klímát, jó vízellátottságú környezetet jelöli, ami egy vízelvezető árok esetében érthető. Kiemelendő, hogy esetünkben csak igen kisléptékű mikroklímáról beszélhetünk, nem lehet nagyobb területek klímájára következtetni. A meleg-nedves (Bilobate) klíma-indikátor formák az árok nyílt, napsütötte, délies kitettségű oldalán élt növényektől származhat, míg a hűvösebb klímát jelző formák az árnyékos (kitettség, más növények árnyékoló hatása) részén élhettek. Az Elongate fitolitok és különösen a Trichom fitolitok alapján arra következtethetünk, hogy az árok közvetlen közelében füves területek lehettek. A TKF-1 és TKF-2 fűrásból sikerült kimutatni fák jelenlétét. Ezekre jellemző, hogy a fűrás felsőbb mintáiból egyre nagyobb számmal kerültek elő, azaz a fűrásban a minták fiatalodásával párhuzamosan nőtt a fák aránya. A fák fitolittermelő képességével kapcsolatban kiemelendő, hogy a fásszárúak jóval kevesebb fitolitot állítanak elő, mint a lágyszárúak, így a fák fitolitjainak aránya nem teljesen arányos a valós fásszárúak egykori arányával (Piperno 1988). Az első két fűrás alapján a csatorna partján biztosan jelen voltak fák-cserjék, a másik két fűrás esetében (TKF-3, TKF-4) azonban ez csak valószínűsíthető. A vizsgált minták kis tömege és a fák alacsony fitolitproduktuma alapján nem lehet egyértelműen kizárni a jelenlétüket.

A Bulliform fitolitokra helyenként jellemző törések a nád égésével-égetésével lehetnek kapcsolatban. Mivel olvadás nem látszik a fitolitokon, valószínűbb egy hirtelen fellobbanó, nem túl magas hőmérsékletű égés, ahol a hirtelen fellépő hőmérsékleti különbséget a hideg télen lehűlt növény alacsony hőmérséklete csak fokozta. Az égetés fontos kiegészítője lehetett a csatornák-árkok tisztításának, és nem lenne példa nélküli, ha a nád ritkítását télen végezték volna.

A szivacsok tűinek mennyisége a fitolitok mennyiségével korrelál. A mintákból diatómákat sikerült kimutatni, melyek kutatása/feltárása nem volt célja a munkámnak.

6.4. Az M43-as autópálya makói elkerülő szakaszán található lelőhelyek fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése

A vizsgált lelőhelyekről három csoportba sorolható mintákat vizsgáltunk. Az első csoportba egy geológiai fűrásból származó minták tartoznak az M43 – 25-26. lelőhely közeléből. Az egykori morotva-rendszerben kimutatott fitolitzónák kijelölése a fitolitok abundanciája, az Elongate, valamint a hűvös-nedves klímát jelző fitolitformák (Rectangle, Square, Trapeziform) alapján történt. A nád fitolitjai (Cuneiform bulliform) nem jelentek meg olyan mennyiségben, mint a makrobotanikai minták alapján számítani lehetett volna (Sümegi

2009a). A minták feldolgozása során szerzett tapasztalatok a Szigligeti-öbölben mélyített fúrással mutatnak hasonlóságot.

Az M43 - 25. lelőhely közelében elhelyezkedő geológiai szelvényből származó minták esetében nagyon alacsony volt a fitolitttartalom, ami még a katymári löszfalból származó minták fitolitmennyiségét is alulmúlta. A régészeti objektumokból előkerült minták esetében is mindössze 3 mintában sikerült a 200 db fitolitot leszámolni és meghatározni a 17 mintából úgy, hogy több mintából egyetlenegy fitolit sem került elő, amivel az általam vizsgált lelőhelyek közül messze a legszegényebb fitolitttartalommal rendelkező vizsgált lelőhely a makói. A határozás során szembetűnő volt a különbség, hogy a morotvából származó minták fitolitban gazdagabbak voltak, mint a geológiai szelvényből vagy az objektumokból származó minták nagy részében.

Ezek alapján feltételezhető, hogy a fitolitok esetlegesen a betemetődés után semmisülhettek meg. Ennek oka az lehet, hogy az inflúziós löszben (amin a vizsgált lelőhelyek kialakultak a morotva kivételével) a rétegekben mozgó talajvíz hatására a kőzet karbonát tartalmának jelentős része feloldódik, aminek eredményeképpen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ képződik (Székyné Fux – Szepesi 1959). A kalciumhidroxid fokozatosan növeli a pH-t, aminek hatására a lúgos közegben a szilikátok mállása felgyorsul, ugyanis ez a közeg igen kedvező a szilícium és egyben a növényi opalitok gyors oldódásához.

Amennyiben ez a folyamat lehet a felelős a minták rendkívül alacsony fitolitttartalmáért, a fitolitok hiánya alátámaszthatja azt a megfigyelést, hogy a vizsgált területen a történelmi idők előtt, de a termelő gazdálkodást is megelőzően kialakulhattak szikes foltok, szikes hatású talajok, még ha ez kis területeket is érintett (Sümegi 2009a).

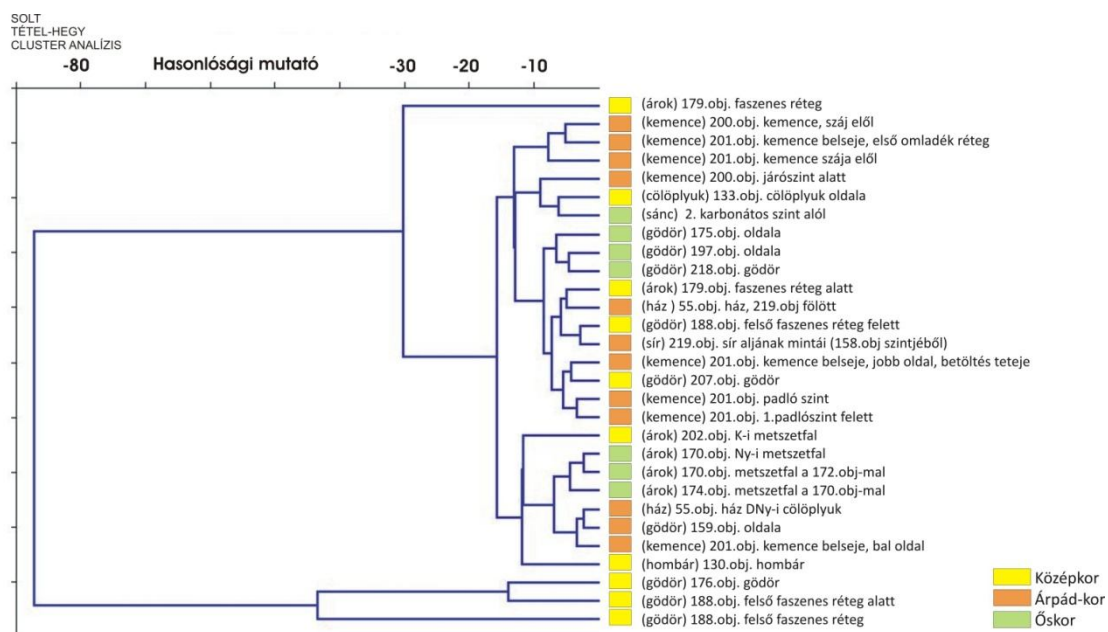
Természetesen a felvetés igazolása további kutatásokat igényel elsősorban löszös alapkőzetben kialakult, szikesedésre hajlamos területek földtani, valamint régészeti objektumai esetében, azonban az biztosan állítható, hogy a vizsgált szikesedő terület fitolitelemzés szempontjából nem tekinthető ideálisnak.

6.5. A Tételhegyről származó minták fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése

A solti Tételhegy régészeti objektumaiból származó minták három régészeti korból származnak, mégpedig az őskorból, az Árpád-korból és a középkorból. A vizsgált 61 mintából 18 minta tartalmazott statisztikailag értékelhető mennyiségű fitolitot, így ezek az objektumok is általánosságban fitolitokban szegénynek minősíthetőek. Mivel a lelőhelyek egy lösszel fedett, kiemelt térszínen helyezkednek el, lehetséges, hogy itt is megfigyelhető a makói minták esetében ismertett, a lúgos kémhatás eredményeképpen fellépő visszaoldódási folyamat, melynek következtében a fitolitok jelentős része megsemmisülhet.

Azok a minták, melyek tartalmaztak elegendő fitolitot, eredményesen használhatóak voltak a régészeti objektumok közvetlen környezetének környezetrekonstrukciójához. A minták alapján feltételezhető, hogy antropogén hatásra módosult a sztyeppei környezet, ahol fák az egykori objektumok közelében alig-alig fordultak elő. Mindez jól párhuzamosítható a Tételhegy közelében, egy egykori mederben kialakult üledékgyűjtő medence fúrásmintáin készült pollenelemzés eredményeivel (Sümei 2009a).

A három különböző régészeti korból származó minták esetében, melyek különböző típusú objektumokból kerültek elő, cluster analízist végeztünk (36. ábra), amely segítségével arra kerestük a választ, hogy mennyire különülnek el, illetve hasonlítanak az azonos korú minták fitolitösszetételük alapján. A cluster analízis során a minták fitolitjainak főbb csoportjait (pázsitfűfélék hosszúsejtű fitolitjai, fák-cserjék fitolitjai, meleg-nedves klímát jelző indikátorok, hűvös-nedves klímát jelző indikátorok, meleg-száraz klímát jelző indikátorok, egyéb fitolit formák, fitolit vázak) vizsgáltuk.



36. ábra. A hasonlósági vizsgálat eredménye a statisztikailag értékelhető mintákon

Ezek alapján jól elkülönülnek az őskori minták, melyek szinte minden esetben nagyon hasonlítanak egymásra, ugyanakkor eltérnek az Árpád-kori és középkori mintáktól. Ez utóbbiak is egységes csoportokat mutatnak (Árpád-kori kemence, középkori gödrök), azonban itt már jellemzőbb a különböző korú minták közti nagyobb hasonlósági érték. Jellemzően a gödör, kemence, árok objektumok mintái hasonlítanak egymásra a legjobban a fitolit tartalmuk alapján.

Az objektumok további statisztikai elemzésére és értelmezésére a doktori értekezés terjedelmi keretein belül terjedelmi okok miatt nem volt lehetőség.

6.6. Az apostagi szarmata kemence fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése

A szarmata kemence vizsgálata során az egyik legfontosabb tapasztalat a mintavételi stratégiára vonatkozott. Mivel itt egy komplett kemence-metszet állt rendelkezésünkre, az objektum minden fontos szerkezeti egységéből, valamint a beágyazó talajból is sikerült mintát venni, ami a kutatás eredményességének egyik zálogának bizonyult, mivel a solti Tételhegyről is voltak kemencéből származó mintáim, ám azok nem adtak ilyen eredményeket.

A fitolitelemzés segítségével sikerült a kitűzött célt, azaz a tüzelőanyagot (fa vagy trágyaszalma szárított keveréke) meghatározni. Ez a kérdés nem feltétlenül a szarmata közösségek esetében a legizgalmasabb, azonban biztató a jövőbeli vizsgálatok esetében, melyek során őskori lelőhelyeken is érdemes lesz ezt a metodikát alkalmazni.

A kemence metszetéből a mintavétel során a makroszkopikusan elkülöníthető négy talajszintből vett minták (6. ábra, AK-1, AK-2, AK-3, AK-4 minták) önálló csoportot alkotnak a vizsgált minták között (31. melléklet).

Ezek a rétegek ugyanis egymásra települve fejlődtek talajréteggé. Az AK-5 és az AK-6 minta a talaj feletti járószintből származik, így a makroszkóposan látható talajminták és az egykori kemence járószintjének megfelelő rétegek között hiátus van. A talajrétegek, a járószint és a kemence fitolitanyagának eredményeit korrelatívan összehasonlítottuk a császártöltési pollenszelvény szarmata korú szakaszával.

Mivel radiokarbon kormeghatározás nem készült ezideig a mintákból, ezért a kronológiai besorolás hipotetikus, de az biztos, hogy a szarmata kemence felépítését közvetlenül megelőző időszakról van szó.

A vizsgált kemence mintáinak főkomponens elemzése során az összevont környezeti indikátorcsoportokat vizsgáltuk, melynek 1. főtengelyét (axis) (31. melléklet) állítottuk párhuzamba a terület tágabb környezetéből származó császártöltési pollendiagrammal, melyet a SZTE Földtani és Őslénytani Tanszékén Törőcsik Tünde készített (37. ábra).

A pollendiagram alapján a császárkort közvetlenül megelőzően, valamint a császárkor folyamán megfigyelhető folyamat a kisebb mennyiségben jelen lévő arboreal pollenek (azaz a fásszárúak) előretörése volt, mely a császárkor idején (a szarmata népesség megtelepedése idején) megfordult. Ennek következtében az arboreal pollenek mennyisége csökken, helyette pedig a lágyszárúak pollenjeinek a mennyisége nő, azaz a fásszárúak visszaszorulnak.

Ehhez hasonló folyamat figyelhető meg a szarmata kemencéből származó minták esetében is. A talajból származó minták esetében a felszín felé haladva (AK-4, AK-3, AK-2 minták), a szarmata megtelepedéshez időben közeledve a hűvös-nedves klímaindikátorok aránya egyre

meghatározóbbá vált, azonban arányuk folyamatosan csökken, ami az erdők dominanciájával, majd visszaszorulásukkal párhuzamosítható. Az egykori járószintből származó (AK-1) betöltés tartalmazza a legtöbb fáktól származó fitolitot, ami a kemence használatával magyarázható, így valószínűleg a főkomponens elemzés görbéjén jelentkező eltérés a valóságban nem volt ekkora (sőt, talán az iránya sem ez volt?), ezért kell ezt kellő óvatossággal kezelni.

37. ábra. A császártöltési pollenszelvény és a szarmata kemence főkomponens elemzésének összevetése

6.7. Az M0 autópálya déli szektorának lelőhelyeiről (Ecser, Üllő) származó mintákon végzett fitolitelemzés értékelése

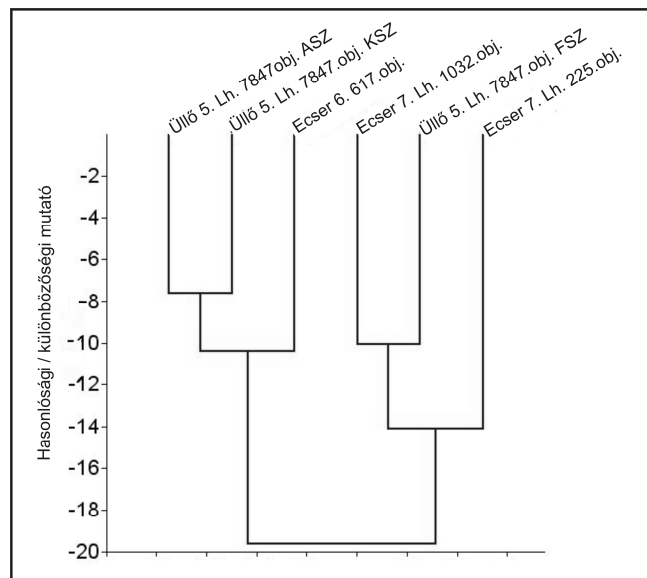
Az MO autópályához köthető fitolitvizsgálati eredmények értékelése kapcsán (Persaits 2010) ki kell emelni, hogy a vizsgált 25 minta közül mindegyik tartalmazott fitolitokat, azonban csak 6 mintában tudtuk megszámolni a minimálisan megkövetelt 200 db fitolitot. Ezek alapján túlzott sikerről nem beszélhetünk. Ugyanakkor biztató, hogy a mintagyűjtési-feltérési metodikán változtatva, elérhető lehet minden mintában a 200 meghatározott fitolit. Így a későbbi vizsgálatok során az Ecser, Vecsés és Üllő határából előkerült objektumokhoz hasonló minták esetében érdemes a feltárt 5 gramm minta tömegét növelni, így biztosítva a statisztikai összevethetőséget garantáló, megfelelő számú fitolit feltárását.

Mivel a fitolitok a vizsgált objektumok jellegéből adódóan kizárólag lokális felhalmozódásúak, így az eredmények összevetése során kézenfekvő lenne a vizsgált lelőhelyeken végzett nagyszámú és széles körű természettudományos vizsgálatok eredményeire támaszkodni (köztük a különösen fontos archaeobotanikai elemzésekre), melyek azonban jelenleg még nem hozzáférhetőek, ugyanis a disszertáció elkészültéig még nem jelent meg a publikációkat tartalmazó kötet.

Az Ecser 6. lelőhely 617. objektuma rézkori (Bádeni kultúra) mintákat tartalmazott, melyek fitolitelemzése egy szárazabb, nyílt terület kialakulását mutatja. Mivel a fitolitok olyan régészeti objektumokból származnak, melyek a közösség által lakott tér centrumában helyezkednek el, a nyílt vegetáció nem meglepő, így az egykori klímára történő következtetések félrevezetőek lehetnek.

A további öt bemutatásra került szarmata objektumból előkerült minták esetében ki kell emelni, hogy az emberi hatásra kialakult vegetáció (taposás, legeltetés, trágyázás) csaknem valamennyi, fitolitokban kimutatható jellegzetessége (Golyeva 2001a) megtalálható. Ezek alapján Golyeva orosz fitolitikutató által felállított rendszer (Golyeva 2001a), mely a fitolitok mérete, színe, jellegzetes alakja, valamint bizonyos formák dominanciájára épül, a vizsgált objektumok mintáin sikeresen alkalmazható.

A vizsgált minták fitolitelemzésének eredményeit cluster analízis segítségével (Geiger 2007) hasonlítottuk össze (38. ábra). Bár a minták eltérő lelőhelyről származnak, együtt kerülnek elemzésre. A statisztikai elemzés alapjául összevontuk a különböző fitolit formákat, és az így képzett csoportokat használtam, melyek a következők voltak: hosszúsejtű fitolitok, fák-cserjék fitolitjai, meleg-nedves klíma indikátorok, hűvös-nedves klíma indikátorformák, meleg-száraz klíma indikátorok, egyéb fűfajok fitolitjai, epidermális fitolit vázak, xylem fitolitok.



38. ábra. Az MO autópálya déli szektorából származó fitolitminták cluster analízise

A cluster analízis dendogramja alapján a hat minta két nagyobb csoportba sorolható. Az első csoportot az Üllő 5. lelőhely. 7847.obj. ASZ, Üllő 5. lelőhely. 7847.obj. KSZ és az Ecser 6. lelőhely 617.obj. mintái alkotják. Ebben a csoportban a fitolitok alapján az egymáshoz legjobban hasonlító minták (de ez az egész vizsgált sokaságra igaz) az Üllő 5. lelőhely 7847.obj. KSZ és az Üllő 5. lelőhely 7847.obj. ASZ, melyek között a hasonlósági/különbözőségi mutató értéke: -8. Ezek a minták egy lelőhely azonos objektumának különböző szintjeiből származnak. A minták a fő csoportokra nézve nagy hasonlóságot mutatnak, az eltérést elsősorban a fák-cserjék fitolitjainak arányaiban, valamint a csoportokon belüli változatosságban mutatják. A hosszúsejtű fitolitok magas aránya miatt ezzel a két mintával mutatja a legnagyobb hasonlóságot (hasonlósági / különbözőségi mutató értéke: -10) az Ecser 6. 617.obj. mintája is.

A cluster analízis dendogramja alapján a másik csoportot az Ecser 7. Lh.1032. obj., Üllő 5. Lh. 7847.obj. FSZ és az Ecser 7. Lh. 225. obj. mintái alkotják. Ebben a csoportban az Ecser 7. és az Üllő 5. lelőhelyről származó minták hasonlósága a legnagyobb (-10). Az Ecser 7. Lh. 225.obj. mintája pedig a többi mintától leginkább különböző tulajdonságokkal bír. A legfontosabb különbséget az okozza, hogy ebben a mintában a legalacsonyabb a hosszúsejtű fitolitok aránya, ugyanakkor itt mutatják a legnagyobb alakgazdagságot a hűvös-nedves klíma indikátor fitolitok.

A vizsgált objektumok fitolitelemzésének értelmezése, megállapításának pontosítása a lelőhely archaeobotanikai adatainak publikálása után folytatódni fog.

6.8. A Kemenespálfa – Zsombékos lelőhelyről előkerült malom- és őrlőkövek vizsgálati eredményeinek értékelése

A fitolitelemzés eredményessége egyben a saját fejlesztésű feltárási módszer sikerét is mutatja, melyek alapján további kőeszközök vizsgálatát lenne érdemes elvégezni. Az összehasonlító elemzéseket legjobban a lelőhelyről előkerült makrobotanikai, növényi mag- és termésleletek, valamint pollenvizsgálatok eredményeivel lehetne elvégezni, azonban ezekre sajnos nincs lehetőség, így tágabb kitekintést kell alkalmazni.

A vizsgált minták közül a vaskori-kelta kövek eredménye különösen izgalmasnak nevezhető. A mintáról alakor (*Triticum monococcum*) és tönke (*Triticum dicoccum*) fitolitja került elő, és egyáltalán nem volt jelen a közönséges búza (*Triticum aestivum*) (56. ábra). Gyulai Ferenc megállapítása szerint „a késő vaskorban csak szórványként, inkább csak gyomnövényként fordult elő” (Gyulai 2001) az alakor, bár a jelenlétét a vaskor közepéig folyamatosnak írja le (Gyulai 1991). Ennek ellenére a vizsgált mintákon 30-85 %-ban van jelen az alakor fitolitja. Árendás Veronika összehasonlító elemzésében (Árendás 1982), mely nem túl gazdag leletanyagon alapul, a vaskori növénytermesztést a bronzkorihoz tartja hasonlóknak, mely azt támasztja alá, hogy az alakornak jelentősebb szerepe lehetett a mai Vas megyei kelták életében is, mint pusztán gyomnövény. P. Hartyányi Borbála és Nováki Gyula összefoglaló munkájában (P. Hartyányi – Nováki 1968, 1975a, 1975b) a nyugat-magyarországi régészeti lelőhelyeken mindenhol jelentős mennyiségű alakorról tesz említést, igaz, a tönke aránya mindenhol nagyobb, bár a lelőhelyek zöme kora-vaskori és nem késő-vaskori. Ugyanakkor több lelőhelyről (6 vaskor és 3 császárkori lelőhely) került elő az alakor mind a vaskori, mind a császárkori („római kori” a táblázataikban) anyagból, mint tönke (4 vaskori és 1 császárkori lelőhely). A *Triticum aestivum* pedig (ami a fitolitelemzés során a vaskori mintákról nem került elő) több nyugat-magyarországi lelőhelyről is előkerült, de ahol mennyiségi összehasonlításról is van adatunk (Celldömölk- Sághegy), ott arányaiban elmarad az alakortól és a tönkétől.

A tönke „továbbra is kiemelt fontossággal termesztett kenyérgabona” (Gyulai 2001), melyet a fitolitelemzés is alátámaszt a vaskori mintákon.

Fontos kiemelni, hogy a nyugat-magyarországi késő vaskor lelőhelyek növény, mag- és termésleleteiről igen kevés információ áll rendelkezésre a kora vaskori, valamint a császárkori adatokhoz képest.

A középkori minták fitolitelemzése a várakozásoknak megfelelő eredményeket hozta, azaz a korai gabonafélék (alakor, tönke) aránya visszaszorult.

Mivel az őrlő- és malomkövekre az növények konkrét őrlésén kívül nem valószínű, hogy más úton tapadtak volna gabonákból származó fitolitok, ezek jelenléte biztosra vehető. Arányaik vitathatóak, hiszen több tényező is befolyásolhatta megmaradásukat (pl.: mit őrlöttek utoljára, lehetséges volt-e a szelektív őrlés, stb.). Recens kísérleti régészeti vizsgálatokkal kiegészítve, melyek segítségével a fitolitok megőrződéséről kapnánk pontosabb információkat, a különböző korú őrlő- és malomkövek vizsgálata fontos eredményekkel szolgálhat a jövőben.

6.9. A hollandiai Swifterbant neolitikus lelőhely mintáinak fitolitvizsgálati eredményeinek értékelése

A hollandiai Swifterbant S4 lelőhelyről származó minták (talaj monolit, sertés koprolit és fog) feltárása és határozása sikeres volt, annak ellenére, hogy ezek a minták módosított feltárást igényeltek. Hollandiai neolitikus lelőhelyekről már ismert volt az a tény, hogy a koprolitokból kinyert pollenek jól használhatóak az egykori környezet rekonstrukciójához (de Roever-Bonnet et al. 1979, Vermeeren – Kuijper 1996). Vizsgálataink során hasonló eredményre jutottunk a koprolitok és fitolitok esetében is, ezért a koprolitokat fitolitvizsgálat céljaira különösen alkalmasnak tartjuk.

Hollandia egyik legkorábbi neolitikus lelőhelyén sikerült kimutatni a keresett gabonafélék fitolitjait nem csak a talaj monolitból, hanem a vizsgált koprolitokból is. Ezzel párhuzamosan a kezdetben antropogén eredetűnek feltételezett (ásóbot nyom) stuktúráról a fitolitvizsgálatok egyértelműen bebizonyították, hogy egy természetes üledékes szerkezet, mely a gyors tengeri előntést követően alakult ki. Mindezekkel együtt adataink alátámasztják holland régészek azon feltételezését, hogy a változatos-mozaikos biotópoknak köszönhetően a wetlandi területek is alkalmasak voltak helyenként a gabonatermesztésre a halászat – vadászat - gyűjtögetés mellett Kr. e. 4300-4000 között (Cappers – Raemaekers 2008).

Bár Észak-Európa neolitizációja egy enyhébb, felmelegedési periódushoz köthető, valamennyi mintából (talaj, koprolit, fog) kerültek elő hűvös-nedves klímát jelző fitolitformák, ami azt bizonyítja, hogy a vizsgált időperiódusban, azaz a korai neolitikum során ezek az indikátorok a neolit közösségekkel együtt jelen voltak. Ezek azonban nincsenek ellentmondásban az Európában megfigyelhető éghajlatbeli változásokkal, mert a wetland területekhez közeli, sűrű vízhálózattal körbevett megtelepedési hely nem csak az egykori emberi közösségeknek biztosította a fennmaradást, hanem a terület sokszínűsége és változatossága, speciális mikroklimája miatt a különböző igényű (pl.: a hűvösebb-nedvesebb klímát kedvelő) növényeknek is.

A fitolitvizsgálatok eredményei jól szinkronizálhatóak az általunk is vizsgált talajmonolitot is magába foglaló teljes geológiai szelvényen elvégzett talajmikromorfológiai vizsgálatok eredményeivel (Huisman et al. 2009).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A régészeti geológiában és a környezettörténeti kutatásokban az egykori környezet rekonstrukciójához, valamint az egykori ember és környezete közti kapcsolat megismeréséhez összetett, sokoldalú és minél több részletre kiterjedő vizsgálatokra van szükség (Sümegei 2003). E vizsgálatok egy része már bevett módszertan alapján, több évtizedes kutatói tapasztalattal, valamint széles körű ismertséggel zajlanak hazánkban is (pl.: pollenvizsgálatok, archaeozoológiai vizsgálatok, stb.). Vannak azonban olyan kutatásterületek, melyek nem előzmény nélküliek (Gyulai 1993, Engel-di Mauro 1995, Windland 2007, Madella 2007) ugyan, de magyar kutatók által csak érintőlegesen műveltek (Barczy et al. 2007, Pető 2006, Pető 2009, Persaits 2008, Persaits 2010), annak ellenére, hogy maga a kutatásterület külföldi elismertsége egyértelmű (Piperno 1988). Ezen témák közé tartozik a fitolitkutatás, a növényi opalitokra alapozott régészeti geológiai, környezettörténeti vizsgálat.

A doktori disszertáció kutatási célja között szerepelt, hogy elsősorban magyarországi lelőhelyek mintáit megvizsgálva átfogó képet kapjunk arról, mennyire használható a fitolitelemzés, milyen korlátai és lehetőségei vannak, valamint mennyire összevethetőek az eredményei más bevett vizsgálatokkal (pl.: makrobotanikai vizsgálatok). Mindezek alapján nagy biztonsággal lehessen kijelölni a fitolitvizsgálatra érdemes minták típusait (régészeti kronológiai valamint a minták fizikai fésése alapján), elsősorban a Kárpát-medencében.

A disszertációban ismertetett kutatások nyolc magyarországi (Katymár, Szigligeti-öböl, Tóköz, Makó, Solt, Apostag, Ecser-Üllő), valamint egy hollandiai (Swifterbant) tágabb értelemben vett lelőhelyről származnak. A minták régészeti kronológiai besorolása alapján a paleolitikum, mezolitikum, neolitikum, rézkor, bronzkor, vaskor, császárkor, népvándorláskor, Árpád-kor, valamint a középkor idejéből származnak. A vizsgált minták löszfalból, sekélytavi üledékekből, eltemetett talajokból, betöltésekből, különböző régészeti objektumokból és mintákból (edénykitöltés, gödör, kút, faszenes-paticsos rétegek, sír, verem, lombár, árok, cölöplyuk, ház, kemence, malom- és őrlőkövek, sertés fog és koprolit, csatornarendszer) származnak. Összesen 449 minta került feltárássra és határozásra.

A minták változatosságainak és sokszor a lelőhely által meghatározott megőrződésnek köszönhetően több feltárási módszert kellett alkalmazni a fitolitok kinyerése céljából, melyeket több esetben a tapasztalataink alapján módosítottunk is.

A határozás a nemzetközi nevezéktan (Madella et al. 2005), valamint a SZTE Földtani és Őslénytani Tanszékén kialakított referencia kollekció felhasználásával történt, elsősorban speciális indikátorformákra alapozva (Twiss et al. 1969). A fitolit formák magyar elnevezésével nem volt szükséges, mivel így a nemzetközi nevezéktan alapján a fitolit formák összevethetősége egyszerűbb. A referencia kollekció jövőbeli bővítése, kifejezetten Kárpát-medencei elemekkel, nagy jelentőséggel bírna.

A katymári würm korú löszfal vizsgálata során (Sümei 1998), elsősorban a fitolitok abundanciája alapján kijelölt zónák (KFZ) jól párhuzamosíthatóak voltak a löszfalban a malakofauna alapján lehatárolt felmelegedési (Dansgaard-Oeschger ciklus) és lehűlési szintekkel (Heinrich esemény) (Hupuczi et al. 2006, Lócskai et al. 2006). Mindazonáltal karakterisztikus fitolit formát nem sikerült kimutatni, igaz, a katymári löszfal esetében alkalmazott 5 g-os mintavétel nem volt elegendő, igen kevés fitolitot tartalmazott, így löszök esetében ezt a mennyiséget növelni érdemes.

A Szigligeti-öbölben mélyített zavartalan magkihozatalú fúrás vizsgálata során a Balaton múltbéli, annak kialakulásától követhető vízszintingadozásaihoz kaptunk adatokat. Az összehasonlításhoz szolgáló makrobotanikai adatok (Jakab et al. 2005) alapján kijelölt zónák (BEM) létjogosultságát a fitolitok zónái (BFZ) alátámasztották, noha azok részletességét nem közelítették meg. Ugyanakkor a fitolitok hullámverés által való felhalmozódási képessége nem közelíti meg a makrobotanikai maradványokét.

A Tóközben vizsgált hármas szerkezetű Árpád-kori csatornarendszer (Takács 2001) fúrásmintái alapján sikerült négy jól elkülönülő használati/felújítási periódust kimutatni elsősorban a fitolitsteril és a nád (*Phragmites australis*) fitolitjaiban gazdag rétegek váltakozásaira alapozva. Égett, repedezett nád fitolitok jelezték a valószínűleg télen végzett csatornatisztítási munkálatokat.

Az M43 autópálya makói elkerülő szakaszán, valamint a solti Tételhegyen végzett ásatások során, a lelőhelyekhez kötődő mintavételezések alkalmával sikerült a konkrét objektumok közvetlen közeli környezetének rekonstrukciója, igaz, csak viszonylag kevés minta esetében. Ennek oka nem teljesen tisztázott, további vizsgálatokat igényel. Elképzelhető, hogy a löszön kialakult talajok esetében megfigyelhető szikesedés következtében (Székyné Fux – Szepesi 1959) fellépő lúgos kémhatás miatt a fitolitok jelentős része visszaoldódott, megsemmisült.

Apostag határából (Hetényi-rész) előkerült, teljes metszet formájában a SZTE Földtani és Őslénytani Tanszékére szállított szarmata kemencét sikerült egy alapos, minden részletére kiterjedő mintavételnek alávetni, majd az egykori tüzelőanyag (fatüzelés a szalmával kevert trágyával szemben), valamint környezetre nézve információkat nyernünk.

Az M0 autópálya déli szektorából (Ecser, Üllő) származó régészeti (Bádeni-kultúra, szarmata) objektumokból előkerült minták fitolitvizsgálata igen egyértelmű képet adott az egykori objektumok emberi hatásra módosult környezetéről, ugyanakkor kiváló példáját adta annak, hogy hazánkban is jól alkalmazható az A. Golyeva orosz fitolitikus által kidolgozott rendszer (Golyeva 2001, 2001a).

A Kemenspálfa – Zsombékos lelőhely késő-vaskori (kelta) és kora középkori malom- és őrlőkőveiről gabona fitolitokat sikerült kimutatni, ami alapján feltételezhetjük, hogy a vizsgált területen a késő-vaskorban az alakor (*Triticum monococcum*) termesztése is hasonlóan fontos lehetett, mint a tönkéé (*Triticum dicoccum*). A kora középkori mintákon azonban már egyértelműen a közönséges búza (*Triticum aestivum*) fitolitjai a meghatározóak.

A hollandiai neolitikus lelőhely (Swifterbant S4) mintáinak fitolitelemzése alapján sikerült kimutatni a vizsgált talajmonolitban a gabonatermesztés egyértelmű bizonyítékait. Ugyanakkor a kezdetben antropogén eredetűnek gondolt (ásóbot nyom) struktúrák természetes kialakulására (terhelési zseb lág szerkezettel) is sikerült rámutatni. A gabonatermesztést valamint az egykori terület mozaikosságát, változatos vegetációját (Cappers – Raemaekers 2008) mind a vizsgált neolitikus kertészfogak és koprolitok eredményei alátámasztották. Egyúttal bizonyítva azt, hogy ez utóbbi minták fitolitvizsgálata is eredményes lehet.

A doktori disszertáció keretein belül, a kutatások során szerzett valamennyi tapasztalatot és eredményt nem lehetséges bemutatni, a felmerült kérdéseket nemhogy megválaszolni, de talán leírni is kevés lenne a rendelkezésre álló hely. Az azonban biztos, hogy a fitolitelemzés képes olyan eredményeket adni hazánkban is (megfelelő minták esetében), melyek megfelelő minőségben egészíthetik ki a régészeti geológiai és környezettörténeti vizsgálatokat.

A Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékén folyó fitolitikus kutatások reményeink szerint további kérdések megválaszolásában fognak segíteni, ezáltal növelve a kutatási területben rejlő lehetőségeket.

8. SUMMARY

In the archaeological and historical environmental researches carried out in order to reconstruct the former environment and to get to know the relationship between former humans and their environment, a comprehensive examination is needed reaching to the most details (Sümegi 2003). In Hungary, some of these examinations are carried out by standard methodology and also with many years of experience and comprehensive knowledge. (For example, pollen examinations, archaeozoological examinations, etc...). Nevertheless there are such fields of research which have antecedents (Gyulai 1993, Engel-di Mauro 1995,

Windland 2007, Madella 2007) but are only partly studied by the Hungarian researchers (Barczy et al. 2007, Pető 2006, Pető 2009, Persaits 2008, Persaits 2010) contrary to the fact that the field of research is unanimously acknowledged abroad (Piperno 1988). Such topics include the phytolith research, which is based on the archaeological, geological and historical environmental examination of plant opal.

One of the aims of the researches of the dissertation, -mainly examining Hungarian sites - is to get an overall picture of how the analysis of the phytolith can be used, what kind of possibilities and boundaries it has, as well as how its results can be compared to other standard examinations (for example, macrobotanical researches). Based on the findings, the aim is to get such an overall picture and experience, which with great certainty will help, in the future to allocate the types of samples worth to be examined in the phytolith research according to archaeological, chronological and physical types of the samples, mainly in the Carpathian Basin.

The researches described in the dissertation were carried out in 8 Hungarian (Katymár, Szigligeti-öböl, Tóköz, Makó, Solt, Apostag, Ecser-Üllő) and one Dutch (Swifterbant) sites in their broadest sense. Based on the archaeological, chronological ranging of the samples, they are dated from Paleolithicum, Mesolithicum, Neolithicum, Copper Age, Bronze Age, Iron Age, Imperial Period, Age of the Migration Period, Arpadian Age as well as from the period of the Middle Ages. The examined samples are originated from loess wall, shallow limnic sediments, buried soil, filling-ups and different archaeological objects and samples (vascular cast, hole, well, charcoal and mud-flake layers, grave, pit, granary, ditch, post-hole, house, kiln, mill and grinding stones, pork tooth and coprolite as well as system of canalization). Altogether 449 samples were explored and defined.

Thanks to the diversity of the samples and in many cases to the preservative characteristics of the site, more types of exploring methods had to be used to extract the phytolith. The methods have been altered in many cases.

The identification was carried out by using the international names (Madella et al. 2005) and the referential collection of the University of Szeged Geology and Palaeontology Department, mainly based on special indicator forms (Twiss et al. 1969). It was not necessary to use the Hungarian names of the phytolith forms as it is much easier to compare the phytolith forms by using the international names. The extension of the referential collection, with mainly elements from the Carpathian Basin, would be of great importance in the future.

In the course of the examination of the Würmian loess wall of Katymár (Sümegei 1998), the zones (KFZ), in the first place, marked by the abundance phytolith could well be made parallel with the cooling down and the warming up layers (Dansgaard-Oeschger cycle) in the

loess wall bordered by the malacho fauna (Heinrich event) (Hupuczi et al. 2006, Lócskai et al. 2006). None the less we could not succeed in detecting the characteristic phytolith form, although it is true, that in the case of the loess wall of Katymár, the 5gramm sampling was not enough, it contained only a few/little phytolith, thus it is worth increasing the amount in case of the loess.

In the course of the examination of the sunk, undisturbed core recovery drilling in the Szigligeti-öböl (Szigliget bay), we got data about the water level fluctuation of Lake Balaton from its formation in the past. The zones of the phytolith (BFZ) supported the reason for the existence of (BEM) the zones marked by the macrobotanical data used for comparison (Jakab et al. 2005), although they did not approach their details. At the same time the accumulation ability of the phytolith by the swell of the sea does not approach the accumulation ability of the macrobotanical remains.

Based on the triple structured Arpadian Aged system of canalization examined in the Tóköz, (Takács 2001) we managed to divide 4 well separable utilitarian/renovating periods, in the first place, based on the changing of the layers rich in phytoliths of the reed (*Phragmites australis*) and phytolith sterile. Burnt, cracked reed phytoliths marked the cleaning work of the system of canalization probably made in the winter.

In the bypass of the M43 highway to Makó as well as in the course of the excavations in Tételhegy in Solt, the reconstruction of the concrete objects in the neighbourhood in the course of the sampling bound to the sites was successful, although only in case of a few samples. The reason for this is not clear, it requires further examinations. It can be possible that a significant part of the phytoliths was dissolved and destroyed due to the alkaline reaction occurring as a result of salinification observed in case of the soil developed in the loess (Székyné Fux – Szepesi 1959).

The Sarmatian kiln, transported to the University of Szeged Geology and Palaeontology Department in its original engraving form, turned up in the border of Apostag (Hetényi part), and was successfully subjected to a thorough, detailed sampling. We gained information about the long-ago combustible (wood-burning contrary to the manure mixed with straw) as well as with regard to the environment.

The phytolith examination of the samples originated from the archaeological objects from the southern sector of the highway M0 (Ecser, Üllő) gave an unambiguous picture of environment of the long-ago objects being modified due to the effect of humans, at the same time, it gave an excellent example for the applicability of A. Golyeva Russian phytolith researcher's system in Hungary (Golyeva 2001, 2001a).

Grain phytoliths were successfully demonstrated from the late Iron-Age (Celtic) and early Middle-Aged mill and grinding stones in the site of Kemenspálfa-Zsombékos, on the bases of which it can be assumed that the growing of einkorn (*Triticum monococcum*) in the late Iron Age on the examined site was similarly important to the emmer (*Triticum dicoccum*). Nevertheless on the early Middle-Aged samples, the phytoliths of the common wheat (*Triticum aestivum*) are unambiguously determining. Based on the phytolith analysis of the samples of the Dutch Neolithic site (Swifterbant S4) the crop growing unambiguous proofs could be successfully shown in the examined soil monolith. At the same time it was also possible to point at the natural development of the structures thought to be antropogen? (digging stick imprint) at the beginning. The mosaic style of the long-ago area, the crop growing as well as its diverse vegetation (Cappers – Raemaekers 2008) were all supported by the results of the Neolithic aged pork teeth and the coprolithes. At the same time, it proves that the phytolith examination of the latter samples can also be expeditious.

It is impossible to show all the results and experiences gained in the course of the researches in the dissertation as there is not enough space to answer all the questions that arouse. It is sure, though, that the phytolith analysis is able to give such results in Hungary (in case of proper samples) that are able to complement the archaeological, geological and environmental historical researches in decent quality.

We hope that the phytolith researches in the University of Szeged Geology and Palaeontology Department will help in answering further questions, thus increasing the possibilities hidden in the research area.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Első helyen szeretnék köszönetet mondani DSc. Habil. Sümegi Pálnak, a SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék vezetőjének, hogy az elmúlt évtized során minden elvárható témavezetői útmutatáson túl, támogatott a régészeti geológia és a környezettörténeti kutatásokban szerezhető ismeretek elsajátításában mind terepen, mind pedig az egyetem falain belül. A szakmai útmutatás mellett nélkülözhetetlen volt az a baráti, humánus légkör, amelyben valamennyi tanszéki munka folyt, és amely a kutatómunka kisebb-nagyobb sikerei mellett a legmeghatározóbb, életre szóló élményt adta.

A doktori értekezést megelőző tanulmányok, valamint annak elkészültét mindig, minden helyzetben támogató családomnak szeretnék e helyen köszönetet mondani. Az ő hitük, biztatásuk nélkül ez a munka sosem jött volna létre!

Köszönettel tartozom mindazon régészeknek, akik a doktori értekezésben vizsgált mintákat feltárták és a rendelkezésemre bocsátották, vállalva a tapasztalatlansággal járó valamennyi

kockázatot. Köszönöm Balogh Csillának (Móra Ferenc Múzeum), Farkas Csillának (Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága), Patay Róbertnek (Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága), Prof. Dr. D.C.M. Raemaekers-nek (Groningen Institute of Archaeology, University of Groningen), Rosta Szabolcsnak (Kiskun Múzeum), Dr. Szentpéteri Józsefnek (MTA Történettudományi Intézete), Takács Károlynak (Hansági Múzeum) a segítségét.

A fitolitok feltárása és határozása során nélkülözhetetlen segítséget nyújtott Deborah Zurro Hernandez (ICREA Barcelona, Department of Archaeology and Anthropology), valamint Dr. Mikhail S. Blinnikov (St. Cloud State University).

A terepi munkák, a laboratóriumi feltárások, az oktatási tevékenység, a publikációk elkészítése vagy éppen a konferenciákon való részvétel során rengeteget tanulhattam kollegáimtól, a SZTE Földtani és Őslénytani Tanszék dolgozóitól, doktoranduszaitól, akik végig hasznos tanácsokkal, észrevételekkel segítettek munkámat. Köszönettel tartozom Dr. Geiger Jánosnak, Dr. Molnár Bélának, Dr. Szónoky Miklósnak, Hupuczi Júliának, Imre Mariannak, Mészárosné Herbach Katalinnak, Náfrádi Katának, Horváth Janinának, Sebők Szilviának, Csökmei Bálintnak, Pomázi Péternek, Molnár Dávidnak, Dr. Hum Lászlónak, Nyilas Tündének, valamint az elmaradhatatlan „paligyerekeknek” Majkut Péternek, Páll Dávid Gergelynek és Veres Zsoltnak!

Külön köszönöm Gulyás Sándor kollégámnak a segítőkészségét, amire mindig számíthattam, és ami többször adott új lendületet a kutatási munkák során.

Köszönettel tartozom Barkóczi Zoltánné Katikának, valamint Sümeginé Törőcsik Tündének az adminisztrációs munkákban, valamint a pályázatokban kifejtett nélkülözhetetlen segítségükért!

Köszönöm Dr. Tóth Zsoltnak (SZTE MTA Lézerfizikai Tanszéki Kutatócsoport) a pásztázó elektronmikroszkóppal történt munkák során mutatott türelmét és segítségét!

Köszönöm Makovits Lászlónénak, hogy mindig megfelelő állapotú laboratóriumban és mikroszkóp szobában dolgozhattam.

Köszönettel tartozom minden hallgatónak, akik észrevételeikkel, kérdéseikkel világítottak rá izgalmas kérdésekre, az órák, tudományos diákköri munkák vagy szakdolgozatok készítése során. Külön köszönet illeti Búza Ágnes Kingát, Tóth Csabát, Magyar Ádámot, Belancsics Pétert, Töviskes Rita Juditot, Hrabák Zitát.

Köszönöm valamennyi régész barátomnak, kollégámnak az ország legkülönbözőbb helyein végzett ásatásokon való készséges türelmüket, magyarázataikat! Külön köszönöm Dr. Bánffy Eszternek, Szarka Józsefnek, Oszás Anettnek, Knipl Istvánnak.

Nem a szakmai, de talán még az annál is fontosabb baráti támogatásért, bizalomért, közös élményekért, beszélgetésekért mondok köszönetet barátaimnak, akik mindig jókor voltak jó helyen...

Külön köszönöm Dekovics Baláznak és Noéminek, Berczeli Sándornak és Rékának valamint az egész Berczeli és Vízhányó családnak. Köszönöm a Ványai család nehéz helyzetekben is megmaradt támogatását, biztatását. Köszönet illeti Kiss Virágot, dr. Bóka Barbarát, Mukk Szilviát, Koczor Esztert, Csengeri Ágneszt, Cserháti Sándort és az evangélikus ifit, valamint dr. Schweighoffer Ernőné, Kovács Pétert, Torma Ákost és Kis Andrást, akik nélkül a Szegeden töltött idő sosem lett volna eredményes.

Végezetül külön mondok köszönetet Dr. Pósa Anikónak, aki a legfeszültebb és egyben a legizgalmasabb időszakban is velem volt, támogatott, és segített a doktori értekezésem helyének megtalálásában, az emberi élet valóban fontos eseményeihez képest...

10. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Aaby, B. – Digerfeldt, G. 1986: Sampling techniques for lakes and bogs. In: Berglund, B. E. (szerk.): Handbook of Holocene Palaeocology and Palaeohydrology. John Wiley and Sons Ltd., 181-194.
- Ádám, L. 1962: A Rábántúli-kavicstakaró. (Néhány dunántúli geomorfológiai körzet jellemzése.) *Földrajzi Értesítő* 11: 41-52.
- Agarie, S. – Agata, W. – Uchida, H. – Kubota, F. – Kaufman, P. 1996: Function of silica bodies in the epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.): Testing the window hypothesis. *Journal of Experimental Botany* 47: 655-660.
- AGROTOPO – Agrotopográfiai Adatbázis M= 1:100 000, MTA TAKI GIS Labor
- Árendás, V. 1982: A magyarországi archaeobotanikai adatok összehasonlító értékelése. *Agrártörténeti Szemle* XXIV. 1-2: 1-52.
- Bacsó, N. 1959: Magyarország éghajlata. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Baker, G. – Jones, L. H. P. – Wardrop, I. D. 1959: Cause of wear in sheep's teeth. *Nature* 184: 1538-1584.
- Baker, G. 1960: Fossil opal-phytoliths. *Micropaleontology* 6 (1): 79–85.
- Balogh, K. 1961: Kőzetszerkezet és üledékfácies. Kézirat.
- Barber, D. A. – Shone, M. G. T. 1966: The Absorption of Silica from Aqueous Solutions by Plants. *Journal of Experimental Botany* 17: 569-578.
- Barci, A. – Golyeva, A. A. – Pető, Á. 2007: Paleoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of paleosoils and phytolith analysis. *Quaternary International* 193: 49-60.
- Bartoli, F. – Wilding, L. P. 1980: Dissolution of biogenic opal as a function of its physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Proceedings* 44: 873-878.
- Bendefy, L. 1975: Az Erdélyi-medence mai vízrendszerének földtani kialakulása. In: Vízrajzi Atlasz sorozat 19. Maros. VITUKI, Budapest, 13-14.
- Bennett, K. D. 1992: Psimpoll — a QuickBASIC program than generates PostScript page description files of pollen diagrams, INQUA Commission for the Study of the Holocene: Working Group on Data-handling Methods Newsletter 8: 11–12.
- Billet, G. – Blondel, C. – de Muizon, C. 2009: Dental microwear analysis of notoungulates (Mammalia) from Salla (Late Oligocene, Bolivia) and discussion on their precocious hypsodonty. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 274: 114–124.
- Blackman, E. – Parry, D. W. 1968: Opaline silicadeposition in rye (*Secale cereale* L.). *Annals of Botany* 32: 199-206.

- Blinnikov, M. – Basucca, A. – Whitlock, C. 2002: Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 177: 77-101.
- Bodor, E. – Cserny, T. 1998: A Szigligeti-öböl vízzel borítottságának fejlődéstörténete. *Hidrológiai Közlöny* 78: 364-366.
- Bodor, E. 1987: Formation of the Lake Balaton in palynological aspects. In: Pécsi, M. – Kordos, L. (szerk.) *Holocene environment in Hungary*. MTA Földrajzi Kutató Intézet, Budapest. 77-80.
- Bond, G. – Broecker, W. – Johnsen, S. – McManus, J. – Lebeayrie, L. – Jouzel, J. – Bonani, G. 1993: Correlation between climate records from North-Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature* 365:143-147.
- Bond, G. – Heinrich, H. – Broecker, W. – McManus, J. – Labeyrie, L. – Andrews, J. 1992: Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period. *Nature* 365: 245-249.
- Borhidi, A. 1961: Klimadiagramme und Klimazonale Karte Ungarns. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis. Sectio Biologica* 4: 21–50.
- Borsy, Z. 1977: A Duna-Tisza köze homokformái és a homokmozgás szakaszai. *Alföldi tanulmányok, Békéscsaba*. 43-53.
- Borsy, Z. 1977a: A magyarországi futóhomok területek felszínfejlődése. *Földrajzi Közlemények* 27: 12-16.
- Borsy, Z. 1990: Evolution of the alluvial fans of the Alföld. In: Rachocki, A. H. – Church, M. (szerk.): *Alluvial fans*. Wiley, New York, 229-246.
- Bowdery, D. 2007: Phytolith analysis, sheep, diet and fecal material at Ambathala pastoral station (Queensland, Australia). In: Madella, M. – Zurro, D. (szerk.): *Plants, people and places. Recent studies in phytolith analysis*. Oxbow Books, Oxford.
- Bruntland, G. (szerk.) 1987: *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford.
- Bulla, B. 1962: Magyarország természeti földrajza. Tankönyvkiadó, Budapest, 143.
- Burján, B. A budapesti V. terasz általános üledékképződési modellje. II. Magyar Földrajzi Konferencia. http://geography.hu/mfk2004/mfk2004/cikkek/burjan_balazs.pdf
- Búza K. Á. 2008: A fitolitok (növényi opalitok) elemtartalmának vizsgálata. XI. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, Nyíregyháza.
- Cappers, R. T. J. – Raemaekers, D. C. M. 2008: Cereal Cultivation at Swifterbant? Neolithic Wetland Farming on the North European Plain. *Current Anthropology* 49: 385-402.
- Carbone, V. A. 1977: Phytoliths as paleoecological indicators. *Annals of the New York Academy of Science* 288: 194-205.
- Chen, C. H. – Levin, J. C. 1969: Silicon as a nutrient of *Equisetum arvense*. *Canadian Journal of Botany* 47: 125-131.
- Cholnoky, J. 1918: A Balaton hidrográfiája. In: Lóczy, L. (szerk.): *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei* (I. kötet, 2. rész). Magyar Földrajzi Balaton Bizottság.
- Ciochon, R. L. – Piperno, D. R. – Thompson, R. G. 1990: Opal phytoliths found on the teeth of the extinct ape *Gigantopithecus blacki*: Implications for paleodietary studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 87: 8120-8124.
- Coli, J. – Korstanje, M. A. – Archer, S. – Hastorf, C. A. 2003: Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 30: 991–1008.
- Cserny, T. – Nagy-Bodor, E. 2000: Limnogeology of Balaton. In: Gierlowski, E.H.-Kordos, K.R. (szerk.): *Lake basins through space and time*. AAPG Studies in Geology, U.S.A. 605-618.
- Cserny, T. 2002: A balatoni negyedidőszaki üledékek kutatási eredményei. *Földtani Közlöny* 132: 193-213.
- Cserny, T. 1987: Result of recent investigations of the Lake Balaton deposits. In: Pécsi, M. – Kordos, L. (szerk.): *Holocene environment in Hungary*. MTA Földrajzkutató Intézet, Budapest, 67-76.
- Csoma, J. 1975: A Maros hidrográfiája. In: *Vízrajzi Atlasz sorozat* 19. Maros. VITUKI, Budapest, 7-12.
- d'Errico, G. – Giacobini, G. – Hather, J. – Power-Jones, A. H. – Radmilli, A. M. 1995: Possible bone threshing tools from the Neolithic levels of the Grotta dei Piccioni (Abruzzo, Italy). *Journal of Archaeological Science* 22: 537-549.

- de Roever-Bonnet, H. - Rijpstra, A.C. - van Renesse, M.A. - Peen, C.H. 1979: Helminth eggs and gregarines from coprolithes from the excavations at Swifterbant (Swifterbant Contribution 10). *Helinium* 19: 7–12.
- Debreczeni, B. – Sárdi, K. 1999: A tápelemek és a víz szerepe a növények életében. In: Fülek Gy. (szerk.): Tápanyaggazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 65-66.
- Deckers, P. H. – de Roever, J. P. – van der Vaals, J. D. 1980: Jagers, vissers en boeren in een prehistoric getijdengebied bij Swifterbant. *Z. W. O. – Jaarboek*, 111-145.
- Deflandre, G. 1963: Les Phytolithaires (Ehrenberg). *Protoplasma* 57:234-259.
- Denham, T. P. – Haberle, S. G. – Lentfer, C. – Fullagar, R. – Field, J. – Therin, M. – Porch, N. – Winsborough, B. 2003: Origins of Agriculture at Kuk Swamp in the Highlands of New Guinea. *Science* 301: 189-193.
- Diamond, J. 1992: The Third Chimpanzee: The Evolution and Future of the Human Animal. Harper Gollins, New York.
- Diamond, J. 1997: Gums, Gems and Steel, the fates of human societies. W. W. Norton & Company, Incorporated, New York.
- Diamond, J. 2005: Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed. Viking Books, New York.
- Djain, A. – Pathak, M. 1967: Role of silica in resistance to the Asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in rice varieties. *Journal of Economic Entomology* 60: 347-351.
- Drum, R. W. 1968: Electron microscopy of opaline phytoliths in *Phragmites* and other *Gramineae*. *American Journal of Botany*. 55:713.
- Dumitrica, P. 1973: Phytolitharia. In: Rayen, W. B. F. et al. eds. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project: Washington, U.S. Government Printing Office 13: 940-943.
- Dunne, T. 1978: Rates of chemical denudation of silicate rocks in tropical catchments. *Nature* 274: 244–246.
- Edman, G. – Söderberg, E. 1929: Auffindung von Reis in Einer Tonscherbe aus Einer Etwas Fünftausendjährigen Chinesischen Siedlung. *Bulletin of the Geological Society of China* 8: 363-365.
- Ehrenberg, C. G. 1854: Mikrogeologie. Leopold Voss, Leipzig.
- Ehrenberg, C.G. 1851: On the tchornoï zem of Russia. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 7 (2): 112-113.
- Elbaum, R. – Melamed-Bessudo, C. – Tuross, N. – Levy, A. A. – Weiner, S. 2009: New methods to isolate organic materials from silicified phytoliths reveal fragmented glycoproteins but no DNA. *Quaternary International* 193: 11-19.
- Engel-dí Mauro, S. 1995: Constructing the paleovegetational record for the buried soils in the Hungarian young loess sequence: a view from phytolith analysis. LOESS in FORM 3, Budapest, Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Science. 79-94.
- Ente, P. J. 1976: The geology of the North part of Flevoland in relation to the human occupation in the Atlantic time (Swifterbant contribution 2). *Helinium* 16: 15–35.
- Faegri, K. – Iversen, J. 1975: Textbook of pollen analysis. Hafner, New York.
- Farkas, Cs. 2008: Jelentés, a Boba-Ukk deltavágány rehabilitációja, Vas-Kemenes-pálya – 9-0149 (2008) (KÖSZ nyilvántartás), azaz a Kemenes-pálya–Zsombékos nevű lelőhely jelenségeiről, 2008. szeptember 29 – november 6. Szombathely.
- Fitch, S. – Thomson, K. – Gaffney, V. 2005: Late Pleistocene and Holocene depositional system and the palaeogeography of the Dogger Bank, North Sea. *Quaternary Research* 64: 185-196.
- Fodor, L. – Bada, G. – Csillag, G. – Hotváth, E. – Ruszkiczay-Rüdiger, Zs. – Plótás, K. – Sikhegyi, F. – Tímár, G. – Cloething, S. – Horváth, F. 2005: An outline neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian Basin. *Tectonophysics* 410: 15-41.
- Folger, D. W. – Bruckle, L. H. – Heezen, B. C. 1967: Opal Phytoliths in a North Atlantic Dust Fall. *Science* 155: 1243-1244.
- Gábris, Gy. – Nádor, A. 2007: Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. *Quaternary Science Reviews* 26: 2758–2782.
- Gábris, Gy. 2003: A földtörténet utolsó 30 ezer évének szakaszai és a futóhomok mozgásának főbb periódusai Magyarországon. *Földrajzi Közlemények* CXXVII, 1-4: 1-14.
- Gali Muhtasib, H. U. – Smith, C. C. – Higgins, J. J. 1992: The effect of silica in grasses on the feeding behavior of the prairie vole, *Microtus ochrogaster*. *Ecology* 73: 1724-1729.
- German, M. – Frank, W. 1980: A Balaton karbonát üledékeinek kifejlődése, a klimatikus és az emberi hatások tükröződése. *Hidrológiai Közöny* 11: 509-518.

- Gill, E. D. 1967: Stability of biogenic opal. *Science* 158: 810.
- Gobetz, K. E. – Bozarth, S. R. 2001: Implications for Late Pleistocene Mastodon Diet from Opal Phytoliths in Tooth Calculus. *Quaternary Research* 55: 115–122.
- Gobetz, K. E. – Bozarth, S. R. 2001: Implications for Late Pleistocene Mastodon Diet from Opal Phytoliths in Tooth Calculus. *Quaternary Research* 55: 115–122.
- Golyeva, A. A. – Alexandovskiy, A. L. – Tselishcheva, L. K. 1995: Phytolithic analysis of Holocen Paleosoils. *Eurasian Soil Science* 27 (2): 46–56.
- Golyeva, A. A. 2001: Biomorphic analysis as a part of soil morphological investigations. *Catena* 43: 217–230.
- Golyeva, A. A. 2001a: Fitoliti i ih informacionaja rol v izucsenii prirodnih i arceologicseszkijh objektov. Nauk Rossziszskaja Akademiya, Moskva.
- Gorbushina, A. A. - Kort, R. - Schulte, A. - Lazarus, D. - Schnetger, B. - Brumsack, H.-J. - J. Broughton, W. J. - Favet J. 2007: Life in Darwin's dust: intercontinental transport and survival of microbes in the nineteenth century. *Environmental Microbiology* 9 (12): 2911–2922.
- Grob, A. 1886: Beitrage zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. *Bibliotheca Botanica* 36: 1–63.
- Gyalog, L. (szerk.) 2005: Magyarország földtani térképe 1:100 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Gyulai, F. 2001: Archaeobotanika. A kultúrnövények története a Kárpát-medencében a régészeti-növénytan vizsgálatok alapján. Jószöveg Műhely Kiadó, Budapest.
- Gyulai, F. 1991: Klíma, vegetáció, növénytermesztés és táplálkozás hazánk területén a bronzkorban. *Agrártörténeti Szemle* XXXIII. 1–4: 114–152.
- Gyulai, F. 1993: Environment and Agriculture in Bronze Age Hungary. *Archaeolingua*, Budapest.
- Gyulai, F. 1996: Balatonmagyaród-Hídvégpuszta késő bronzkori település növényleletei és élelmiszermaradványai (Die Pflanzenfunde und Lebensmittelreste aus der spätbronzezeitlichen Siedlung von Balatonmagyaród-Hídvégpuszta). *Zalai Múzeumok* 6: 169–195.
- Halaváts, Gy. 1895: Az Alföld Duna–Tisza közötti részének földtani viszonyai - MÁFI Évkönyve 11.
- Hansen, B. T. – Plew, M. G. – Schimpf, M. 1998: Elucidation of Size Patterning in Phytolith Assemblages by Field-Flow Fractionation. *Journal of Archaeological Science* 25: 349–357.
- Hart, D. M. 1988: A safe method for the extraction of plant opal from sediments. *Search* 19: 293–294.
- Heinrich, H. 1988: Origin and consequences of cyclic ice-rafting in the Northeast Atlantic ocean during the past 130 000 years. *Quaternary Research* 29: 142–152.
- Ho-Yuan Lu – Nai-Quin Wu – Xiang-Dong Yang – Hui Jiang – Kam-biu Liu – Tung-Sheng Liu 2005: Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China I: Phytolith-based transfer functions. *Quaternary Science Reviews* doi:10.1016/j.quascirev.2005.07.014.
- Huisman, D. J. – Jongmans, A. G. – Raemaekers, D. C. M. 2009: Investigating Neolithic land use in Swifterbant (NL) using micromorphological techniques. *Catena*. doi:10.1016/j.catena.2009.03.006
- Hupucz, J. 2005: Heinrich események kimutatása hazai löszszelvény alapján. Diplomamunka, SZTE TTK, Földtani és Őslénytani Tanszék.
- Hupucz, J. – Lócskai, T. - Hum, L. – Sümegi, P. 2006: Heinrich események kimutatása hazai löszszelvény alapján. *Malakológiai Tájékoztató* 24: 31–43.
- Hutton, J. T. – Norrish, K. 1974: Silicon content of wheat husks in relation to water transport. *Australian Journal of Agricultural Research* 25: 203–212.
- Iler, R. K. 1979: The chemistry of silica. Solubility, polymerization, colloid and surface properties, and biochemistry. John Wiley & Sons Publisher, Brisbane. 866.
- Illés, I. (szerk.) 1981: Tavunk, a Balaton. Natura, Budapest, 457.
- Ishizuka, Y. 1971: Physiology of the rice plant. *Advances in Agronomy* 23:241–315.
- Itzstein-Davy, F. – Taylor, D. – Dodson, J. – Atahan, J. – Zheng, H. 2007: Wild and domesticated forms of rice (*Oryza* sp.) in early agriculture at Qingpu, lower Yangtze, China: evidence from phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 34: 2101–2108.
- Jakab, G. - Sümegi, P. - Magyari, E. 2004: A new quantitative method for the paleobotanical description of late Quaternary organic sediments. *Antaeus* 27: 181–211.
- Jakab, G. – Sümegi, P. – Szántó, Zs. 2005: Késő-glaciális és holocén vízszintingadozások a Szigligeti-öbölben (Balaton) makrofosszília vizsgálatok eredményei alapján. *Földtani Közlöny* 135/3: 405–431.
- Jánossy, D. – Krolopp, E. 1994: Alsó-pleisztocén Mollusca- és gerinces fauna a győrújfalui kavicsbányából. *Földtani Közlöny* 124: 403–440.

- Johnsen, S. J. - Clausen, H. B. - Dansgaard, W. - Fuher, K. - Gudenstrup, N. - Hammer, C. U. - Iversen, P. - Jouzel, J. - Stauffer, B. - Steffensen, J. P. 1991: Irregular glacial interstals recorded in a new Greenland ice core. *Nature* 359: 311–313.
- Jones, L. H. P. – Handreck, K. A. 1965: Studies of Silica in the Oat Plant III. Uptake of Silica from Soils by the Plant. *Plant and Soil* 23: 79-96.
- Jones, L. H. P. – Handreck, K. A. 1967: Silica in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy* 19: 107-149.
- Jones, L. H. P. – Milne, A. A. 1963: Studies of Silica in the Oat Plant I. Chemical and Physical Properties of the Silica. *Plant and Soil* 18: 207-220.
- Jones, R. L. 1964: Note on Occurrence of Opal Phytoliths in Some Cenozoic Sedimentary Rocks. *Journal of Paleontology* 38: 773-775.
- Jones, R. L. – Beavers, A. H. 1963: Some mineralogical and chemical properties of plant opal. *Sol. Sci.* 96: 375-379.
- Jones, R.L. - Hay, W. W. – Beavers, A. A. 1963: Microfossils in Wisconsinan loess and till from western Illinois and eastern Iowa. *Science* 140: 1222-1224.
- Kaiser, M. – Krolopp, E. – Scharek, P. 1998. Adatok a Duna-hordalékkúp és teraszok kapcsolatához Győr környékén. *Földtani Közlemény* 128: 519-530.
- Kelly, E. F. – Amundson, R. G. – Marino, B. D. – Deniro, M. J. 1991: Stable Isotope Ratios of Carbon in Phytoliths as a Quantitative Method of Monitoring Vegetation and Climate Change. *Quaternary Research* 35: 222-233.
- Kelly, E. F. – Blecker, S. W. – Yonker, C. M. – Olson, C. G. – Woh, E. E. – Todd, L. C. 1998: Stable Isotope Composition of Soil Organic Matter and Phytoliths as Paleoenvironmental Indicators. *Geoderma* 82: 59-81.
- Kovács, G. 2006: A talajban előforduló régészeti anyagok mikromorfológiai vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* 55: 499-514.
- Kretzoi, M. – Pécsi, M. 1979: Pliocene and pleistocene development and chronology of the Pannonian Basin. *Acta Geologica Hungarica* 22: 3-33.
- Kretzoi, M. – Pécsi, M. 1982: A Pannoniai-medence pliocén és pleisztocén időszakának tagolása. *Földrajzi Közlemények* 30: 300-326.
- Krolopp, E. – Sümegi, P. – Kuti, L. – Hertelendi, E. – Kordos, L. 1995: A Szeged-Ötthalom környéki löszképződmények keletkezésének paleoökológiai rekonstrukciója. *Földtani Közlemény* 125: 309-361.
- Krukowski, S. T. 1988: Sodium metatungstate: a new heavy mineral separation medium for the extraction of conodonts from insoluble residues. *Journal of Paleontology* 62: 314–316.
- Lanning, F. C. – Eleuterius, L. N. 1985: Silica and ash in Tissues of Some Plants growing in the Coastal Area of Mississippi, U.S.A. *Annals of Botany* 56: 157-172.
- László, G. 1913: A balatonmelléki tőzezlápok és berkek. In: A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei I/1. Budapest.
- László, G. 1915: A tőzezlápok és előfordulásuk Magyarországon. Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- Lejju, B. J. – Robertshaw, P. – Taylor, D. 2006: Africa's earliest bananas? *Journal of Archaeological Science* 33: 102-113.
- Lentfer, C. J. – Boyd, W. E. 1998: A Comparison of Three Methods for the Extraction of Phytoliths from Sediments. *Journal of Archaeological Science* 25: 1159-1183.
- Lentfer, C. J. – Boyd, W. E. 1999: An Assessment of Techniques for the Deflocculation and Removal of Clays from Sediments Used in Phytolith Analysis. *Journal of Archaeological Science* 26: 31–44.
- Lentfer, C. J. – Boyd, W. E. 2000: Simultaneous Extraction of Phytoliths, Pollen and Spores from Sediments. *Journal of Archaeological Science* 27: 363–372.
- Lentfer, C. J. – Cotter, M. M. – Boyd, W. E. 2003: Particle Settling Times for Gravity Sedimentation and Centrifugation: A Practical Guide for Palynologists. *Journal of Archaeological Science* 30: 149–168.
- Lóczy, L. 1913: A Balaton tó tudományos vizsgálatának eredményei. (Results of the study of Balaton lake). Magyar Földrajzi Társaság Balaton Bizottságának kiadványa. Budapest.
- Lócskai, T. – Hupuczi, J. – Hum, L. – Sümegi, P. 2006: Dansgaard-Oeschger ciklusok kimutatása hazai löszszelvényből. *Malakológiai Tájékoztató* 24: 35-39.
- López-Buendía, A. M. – Whateley, M. K. G. – Bastida, J. – Urquiola, M. M. 2007: Origins of mineral matter in peat marsh and peat bog deposits, Spain. *International Journal of Coal Geology* 71: 246–262.

- Lovász, Gy. 1975: Zalai-dombság – A domborzat kialakulása és mai képe. In: Ádám, L. – Marosi, S. (szerk.): A Kisalföld és a Nyugat-magyarországi-peremvidék. Akadémiai Kiadó, Budapest. 442-454.
- Lovering, T. S. 1959: Significance of accumulator plants in rock weathering. *Geological Society of America Bulletin* 70: 781-800.
- Lyell, C. 1863: The Geological Evidence of the Antiquity of Man, with remarks on Theories of the Origin of Species by Variations. John Murray Press.
- Madella, M. - Alexandre, A. - Ball, T. 2005: International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96: 253-260.
- Madella, M. – Powers-Jones, A. H. – Jones, M. K. 1998: A Simple Method of Extraction of Opal Phytoliths from Sediments Using a Non-Toxic Heavy Liquid. *Journal of Archaeological Science* 25: 801-803.
- Madella, M. 2007: The silica skeletons from the anthropic deposits. In: Whittle, A. (szerk.): The Early Neolithic on The Great Hungarian Plain. *Varia Archaeologica Hungarica* XXI. Budapest, Vol. 2: 447-460.
- Magyar, I. - Geary, D.H. - Müller, P. 1999: Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 147: 151-167.
- Mainland, I. L. 2003: Dental microwear in grazing and browsing Gotland sheep (*Ovis aries*) and its implications for dietary reconstruction. *Journal of Archaeological Science* 30: 1513-1527.
- Marosi S. – Szilárd J. 1981: A Balaton kialakulása. *Földrajzi Közlemények* 29: 1-30.
- Marosi, S. – Somogyi, S. 1990: Magyarország kistájainak katasztere I-II. MTA Földrajtudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Matichencov, V.V. - Bocharnikova, E.A., 2001: The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: Datnoff, L.E., et al.(szerk.): Silicon in Agriculture. Elsevier Science B.V., 209-219.
- McNaughton, S. J. – McNaughton, M. M. – Davis, R. H. 1985: Silica as defense against herbivory and a growth promotor in Africa grasses. *Ecology* 66: 528-535.
- McNaughton, S. J. – Tarrants, J. L. 1983: Grass leaf silicification: Natural selection for an inducible defense against herbivores. *Proc. Natl. Acad. U.S.A.* 80: 790-791.
- Meadows, D. H. – Meadows, D. L. – Renders, J. 1972: The Limits to Growth. Universe Books, New York.
- Middleton, W. D. – Rovner, I. 1994: Extraction of Opal Phytoliths from Herbivore Dental Calculus. *Journal of Archaeological Science* 21: 469-473.
- Mike, K. 1975: A Maros kialakulása és fejlődése. In: Vízrajzi Atlasz sorozat 19. Maros. VITUKI, Budapest, 14-18.
- Miller, A. 1980: Phytoliths as indicators of farming techniques. Közlemény, 45th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Philadelphia.
- Miller-Rosen, A. 1992: Preliminary identification of silica skeleton from Near Eastern archaeological sites: an anatomical approach. In: Rapp, JR. G. & Mulholland, S. C. (szerk.): Phytolith Systematics: Emerging issues. Advances in archaeological and museum sciences, Vol. 1., Plenum Press, New York. 129-147.
- Möbius, M. 1908: Über die Festlegung der Kalksalze und Kieselkörper in den Pflanzenzellen. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26: 29.
- Mol, J. 2006: Schipluiden. A Neolithic Settlement on the Dutch North Sea Coast c. 3500 CAL BC. *Analecta Praehistorica Leidensia* 37-38: 269-283.
- Molnár, B. – Geiger, J. 1981: Homogénnek látszó rétegsorok tagolási lehetősége szedimentológiai, öslénytani és matematikai módszerek kombinált alkalmazásával. *Földtani Közlöny* 111: 238-257.
- Molnár, B. – Krolopp, E. 1978: Latest Pleistocene Geohistory of the Bácska Loess Area. *Acta Minerologica – Petrographica* XXIII: 245-265.
- Molnár, B. 1967: A Dél-Alföld pleisztocén feltöltődésének ritmusai és vízföldtani jelentőségük. *Hidrológiai Közlöny* 12: 537-552.
- Molnár, B. 1967a: A Duna-Tisza közének vízföldtana. *Hidrológiai Közlöny* 8: 357-364.
- Molnár, B. 1977: A Duna-Tisza köz felső-pliocén (levanti) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete. *Földtani Közlöny* 107: 1-16.
- Molnár, S. - Sümegi, P. 2007: General view and historical data around the Kiritó meander. In: Whittle, A. (szerk.): The Ecseghfalva Project. *Varia Archaeologica Hungarica* sorozat, XVIII. kötet, MTA Régészeti Intézet, Budapest, 65-112.

- Montgomery, D. J. – Parry, D. W. 1979: The ultrastructure and analytical microscopy of silicon deposition in the intercellular spaces of the roots of *Molinia caerulea* (L.) Moench. *Annals of Botany* 44: 79-84.
- Mulholland, S. C. – Rau, D. 1985: Extraction of opal phytoliths from sediment samples: VII. Laboratory procedure. Ms. on file. Archaeometry Laboratory, University of Minnesota, Duluth.
- Munsterman, D. & Kerstholt, S. 1996: Sodium polytungstate, a new non-toxic alternative to bromoform in heavy liquid separation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 91: 417-422.
- Nádor, A. – Müller, P. – Lantos, M. – Thamóné Bozsó, E. – Keretsmár, Zs. – Tóthné Makk, Á. – Sümegi, P. – Farkasné Bulla, J. – Nagy, T. 2000: A klímaváltozások és az üledékes ciklusok kapcsolata a Körös-medence negyedidőszaki folyóvízi rétegsoraiban. *Földtani Közlöny* 130: 623-645.
- Nádor, A. – Thamóné Bozsó, E. – Magyar, Á. – Babinszki, E. – Dudkó, A. – Tóth, Z. 2005: Neotektonika és klímaváltozás együttes hatása a Körös-medence késő-pleisztocén vízhálózat-fejlődésére. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2005. 131-141.
- Nagy, B. – Horváth, E. – Bradák, B. – Ruszkiczay-Rüdiger, Zs. 2010: Tételhegy: kialakulás-szerkezet-domborzat. NKTH Jedlik Ányos program, Castrum Tetel Szakmai beszámoló.
- Nagy-Bodor, E. – Csernyi, T. 1997: A Keszthelyi-öböl vízborítottságának fejlődéstörténete a palinológiai vizsgálatok eredményei alapján. *Hidrológiai Közlöny* 77: 98-100.
- Nagy-Bodor, E. – Csernyi, T. 1998: A balatoni öblök vízborítottságának fejlődéstörténete a palinológiai vizsgálatok eredményei alapján. *Hidrológiai Közlöny* 78: 360-363.
- Nagy-Bodor, E. – Járai-Komlódi, M. 2000: Palinológiai vizsgálatok a Tapolcai medencében. I. Vízi és mocsári növények a holocén és a késő-glaciális időkben. *Hidrológiai Közlemények* 332-333.
- Nanda, H. P. – Gangopadhyay, S. 1984: Role of silicated cells in the rice leaf on brown spot disease incidence by *Bipolaris oryzae*. *International Journal of tropical Plant Diseases* 2 (2): 89-98.
- Neethirajan, S. – Gordon, R. – Wang, L. 2009. Potential of silica bodies (phytoliths) for nanotechnology. TIBTEC-730 CellPress. (megjelenés alatt)
- Neolitzky, F. 1900: Mikroskopische Untersuchung Gänzlich verkholter Vorgeschichtlicher Nahrungsmittel aus Tirol. *Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel* 3: 401-407.
- Neolitzky, F. 1914a: Anatomische Beobachtung an Zerealienfrüchten. *Österreichische Botanische Zeitschrift*. LXIV Nr. 7. 265-272.
- Neolitzky, F. 1914b: Die Hirsche aus Antiken Funden. *Sitzbuch der Keiserliche Akademie für Wissenschaft der Mathematisch – Naturwissenschaften* 123: 725-759.
- Neolitzky, F. 1929: Die Kieselkörper. *Linsbauer's Handbuch der Pflanzenanatomie* 3/1a: 1-19.
- Neumann K. 2009: Early bananas in Africa: The state of the art. *Ethnobotany Research and Applications*. 06.30. www.ethnobotanyjournal.org/vol7/i1547-3465-07-353.pdf
- Nyári, D. – Kiss, T. – Sipos, Gy. – Knippl, I. – Wicker, E. 2006: Az emberi tevékenység tájformáló hatása: futóhomok mozgások a történelmi időkben Apostag környékén. In: Füleky, Gy. (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében – Település a tájban. Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, Gödöllő. 170-175.
- Nyári, D. – Kiss, T. 2005: Homokmozgások vizsgálata a Duna-Tisza közén. *Földrajzi Közlemények* CXXIX, 3-4: 133-147.
- Oroszi, V. Gy. 2009: Hullámtér – fejlődés vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. PhD értekezés. SZTE Földtudományok Doktori Iskola, Szeged.
- Osterreith, M. – Madella, M. – Zurro, D. – Alvarez, M. F. 2009: Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International* 193: 70-79.
- Osterreith, M. – Madella, M. – Zurro, D. – Alvarez, M. F. 2009: Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International* 193: 70-79.
- Out, W. 2008: Neolithisation at the site Brandwijk-Kerkhof, the Netherlands: natural vegetation, human impact and plant food subsistence. *Vegetation History and Archaeobotany* 17: 25-39.
- P. Hartyányi, B. - Nováki, Gy. 1968: Növényi mag- és termésleletek Magyarországon az újkőkortól a XVIII. századig. *Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei* 5-84.
- P. Hartyányi, B. - Nováki, Gy. 1975: Növényi mag- és termésleletek Magyarországon az újkőkortól a XVIII. századig II. *Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei* 23-73.
- P. Hartyányi, B. - Nováki, Gy. 1975a: Samen- und Fruchtfunde in Ungarn von der Neusteineinzeit bis zum 18. Jahrhundert. *Agrártörténeti Szemle* XVII. 1-22.
- Pálfai, I. 1994 (szerk.): A Duna-Tisza köze vízgazdálkodási problémái – A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3. Békéscsaba.

- Palombo, M. R. – Filippi, M. L. – Iacumin, M. L. – Longinelli, A. – Barbieri, M. – Maras, A. 2005: Coupling tooth microwear and stable isotope analyses for palaeodiet reconstruction: the case study of Late Middle Pleistocene *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* teeth from Central Italy (Rome area). *Quaternary International* 126–128: 153–170.
- Parr, J. F. 2002: A comparison of heavy liquid floatation and microwave digestion techniques for the extraction of fossil phytoliths from sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 120: 315–336.
- Pávai-Vajna, F. 1951: Az alföldi Duna-mellék rétegtana és hegységszerkezete. Földtani Intézet. 1951. évi jelentések.
- Pearsall, D. M. 1979: The application of ethnobotanical techniques to the problem of subsistence in the Ecuadorian Formative. Ph.D. dissertation, University of Illinois-Urbana.
- Pearsall, D. M. 1986: Phytolith analysis of soil from the Lubok (I-1982-WS) and Bekes (I-1982-X5) sites, Mountain Province, Philippines. In: Bodber, C. C. (szerk.): Prehistoric agricultural intensification in Central Bontoc, Mountain Province, Philippines. Ph. D. dissertation, Department of Anthropology, University of Missouri-Columbia, 526-586.
- Pécsi, M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Persaits, G. - Gulyás, S. - Sümegi, P. - Imre, M. 2008: Phytolith analysis: environmental reconstruction derived from a Sarmatian kiln used for firing pottery. In: Szabó, P. - Hédl, R. (szerk.): Human Nature: Studies in Historical Ecology and Environmental History. Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences, Pruhonice, 116-122.
- Persaits, G. 2010: Az M0 autópálya ásatások régészeti objektumaiból származó fitolitok elemzése. Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága. IN PRESS
- Pető Á. 2009: A fitolitkutatás szerepe az őskörnyezetben és a környezet régészetben, valamint a hazai alkalmazásának lehetőségei. *Archeometriai Műhely* 2009/2 www.ace.hu/am
- Pető, Á. 2006: A hajdúnánási Lyukas-halom és közvetlen környezetének biomorf elemzésen alapuló őskörnyezeti rekonstrukciója. Szakdolgozat, Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet Tájökológiai Tanszék.
- Pierno, D. R. – Stothert, K. E. 2003: Phytolith Evidence for Early Holocene *Cucurbita* Domestication in Southwest Ecuador. *Science* 299: 1054-1057.
- Pinilla, A. – Martín, A. – Sánchez, A. 2007. Phytoliths in soils and plants of the wetlands of the River Cigüela (Ciudad Real, Spain). In: Madella, M. – Zurro, D. (szerk.): Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis. Oxbow Books, Oxford.
- Piperno, D. R. 1983: The application of Phytolith analysis to the reconstruction of plant subsistence and environments in prehistoric Panama. Ph.D. dissertation. Department of Anthropology, Temple University, Philadelphia.
- Piperno, D. R. 1985: Phytolith analysis and tropical paleo-ecology: Production and taxonomic significance of siliceous forms in the New World plant domesticates and wild species. *Review of Paleobotany and Palynology* 45: 185-228.
- Piperno, D. R. 1988. Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective. Academic Press, Inc., San Diego.
- Piperno, D. R. 2006. Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists. Altamira Press. Oxford.
- Pogácsás, Gy. - Lakatos, L. - Újszászi, K. - Vakarcs, G. – Várkonyi, L. – Várnai, P. – Révész, I. 1988: Seismic facies, electro facies and Neogene sequence chronology of the Pannonian basin. *Acta Geologica Hungarica*: 31 (3–4): 175–207.
- Powers, A. H. – Gilbertson, D. D. 1987: A simple preparation technique for the study of opal phytoliths from archaeological and Quaternary sediments. *Journal of Archaeological Science* 14: 529-535.
- Powers, A.H. 1992: Great Expectations: A short historical review of European phytolith systematics. In: Rapp, JR. G. & Mulholland, S. C. (szerk.): Phytolith Systematics: Emerging issues. Advances in archaeological and museum sciences, Vol. 1., Plenum Press, New York. 15-35.
- Prychid, C. J. et al. 2003. Systematics and Biology of Silica Bodies in Monocotyledons. *The Botanical Review* 69 (4): 377-440.
- Raven, J. A. 1983: The transport and function of silicon in plants. *Biology Review* 58: 179-207.

- Reinhard, K. J. – Danielson, D. R. 2005: Pervasiveness of phytoliths in prehistoric southwestern diet and implications for regional and temporal trends for dental microwear. *Journal of Archaeological Science* 32: 981-988.
- Rings, A. – Lücke, A. – Schleser, G. H. 2004. A new method for the quantitative separation of diatom frustules from lake sediments. *Limnology and Oceanography: Methods* 2: 25-34.
- Roeleveld, W. - Gotjé, W. 1993: Holocene waterspiegelontwikkeling in de Noordoostpolder in relatie tot zeespiegelbeweging en kustontwikkeling. In: De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakten (Noordoostpolder), unpublished Ph.D. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 76–86.
- Rónai, A. 1969: The geology of Lake Balaton and surroundings. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 17: 275-281.
- Rónai, A. 1972: Negyedkori üledékképződés és éghajlattörténet az Alföld medencéjében. *MÁFI Évkönyve* 56: 1-421.
- Rónai, A. 1981: A földtani ismeretek fejlődése az Alföld medencéjéből. *Alföldi tanulmányok V.*, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet Alföldi Csoportja, Békéscsaba. 7-34.
- Rónai, A. 1986: A magyarországi kvarter képződmények kifejlődése és szerkezeti helyzete. *Földtani Közlöny* 116: 31-43.
- Rovner, I. 1971: Potential of phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research* 1: 343-359.
- Rumpler, J. - Horváth, F. 1988. Some representative seismic reflection lines and structural interpretation from the Pannonian Basin. In: Royden, L.H., Horváth, F. (szerk.): *The Pannonian Basin – A Study in Basin evolution*, vol. 45. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 153–169.
- Sándor, M. 1963: A hagyományos gazdálkodás ismeretanyaga és szókincse Berettyóújfaluban. Kézirat. Déri Múzeum Néprajzi Adattára (DMNA). 1680—77.
- Sangster, A. G. 1977: Characteristics of silica deposition in *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (crabgrass). *Annals of Botany* 41: 341-350.
- Sangster, A. G. – Parry, D. W. 1971: Silica deposition in the grass leaf in relation to transpiration and the effect of Dinitrophenol. *Annals of Botany* 35: 667-677.
- Sanson, G. D. – Kerr, S. A. – Gross, K. A. 2007: Do silica phytoliths really wear mammalian teeth? *Journal of Archaeological Science* 34: 526-531.
- Scharek, P. (szerk.) 1991: Magyarázó a Mosonmagyaróvár jelű térképlaphoz - A *Kisalföld* földtani térképsorozata 1:100 000, Magyar Állami Földtani Intézet.
- Schellenberg, H. C. 1908: Wheat and barley from the North Kurgan, Anau. In: Pumpelly, R. (szerk.): *Explorations in Turkestan* Vol. 3. p. 471-473. Carnegie Institute, Washington DC.
- Shillito, L-M. - Almond, J. M. - Nicholson, J. - Pantos, M. - Matthews, W. 2009: Rapid characterisation of archaeological midden components using FT-IR spectroscopy, SEM-EDX and micro-XRD. *Spectrochimica Acta Part A* 73: 133-139.
- Siever, R. 1967: The silica budget in the sediment cycle. *American Mineralogist* 42: 821-841.
- Somogyi, S. 2000: A folyóhálózat kialakulása és természetes fejlődése. In: Somogyi, S. (szerk.): *A XIX.századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon*. Budapest, 57-80.
- Struve, G. A. 19835: De silica in Plantis Nonnullis. Disszertáció, Berlin.
- Suzuki, H. 1973: Studies on the relation between the anatomical characters of the rice plant and its susceptibility to blast disease. *Journal of the College of Agriculture. Tokyo University.* 14:181-264.
- Sümeghy J. 1952. Földtani adatok a Duna-Tisza köze északi részéről - *MÁFI Évi Jelentése 1948-ról*, 85 - 99.
- Sümeghy J. 1953. A Duna-Tisza közének földtani vázlata - *MÁFI Évi Jelentése 1950-ről*, 233 -264.
- Sümeghy, J. 1953a: A magyarországi pleisztocén összefoglaló ismertetése. *MÁFI Évi Jelentése*.
- Sümeghy, J. 1955: A magyarországi pliocén és pleisztocén. *Akadémiai Doktori Értekezés.* (kézirat)
- Sümeghi, P. – Krolopp, E. – Rudner, E. 2002: Negyedidőszak végi öskörnyezeti változások térben és időben a Kárpát-medencében. *Földtani Közlöny* 132: 5-22.
- Sümeghi, P. – Krolopp, E. 1995: A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján. *Földtani Közlöny* 125/1-2: 125-148.
- Sümeghi, P. – Lóki, J. 1990: A lakiteleki téglagyári feltárás finomrétegtani elemzése. *Acta Geographica Debrecina* 26-27: 157-167.

- Sümei, P. – Magyar, E. – Daniel, P. – Hertelendi, E. – Rudner, E. 1999: A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténetének rekonstrukciója. *Földtani Közlöny* 129: 479-519.
- Sümei, P. – Páll, D. G. 2010: Az M0 autótú Vecsés és Monor községeket elkerülő szakasz régészeti lelőhelyeinek régészeti geológiai, geomorfológiai és régészeti talajtani viszonyai. Pest Megyei Múzeumok Igazgatósága. IN PRESS
- Sümei, P. – Persaits, G. – Páll, D. G. –Törőcsik, T. 2010: 86. elkerülő út Nemesböd 6. és 8. régészeti lelőhelyen és a Borzók-patak allúviumán végzett vizsgálatok eredményei. In: VIA. Kulturális örökségvédelmi kismonográfiák. IN PRESS
- Sümei, P. (összeállította és szerkesztette) 2009: Jelentés a Tóközi fúrások környezettörténeti vizsgálatok eredményeiről. Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék.
- Sümei, P. (összeállította és szerkesztette) 2009a: Zárójelentés a Solt-Tételhegy környezettörténeti vizsgálatairól. Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék.
- Sümei, P. 1996: Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító öskörnyezeti rekonstrukciója és rétegtani értékelése. Kandidátusi értekezés, Debrecen.
- Sümei, P. 1998: Ember és környezete kapcsolata a Kárpát-medencében az elmúlt 15000 év során. *Panniculus* 3: 367-395.
- Sümei, P. 2001: A negyedidőszak földtani és öskörnyezeti alapjai. JATEPress, Szeged.
- Sümei, P. 2001a: A Kiskunság a középkorban – geológus szemmel. In: Horváth, F. (szerk.): A csengelei kunok ura és népe. Archaeolingua, Budapest. 313-317.
- Sümei, P. 2003: A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai. JATEPress, Szeged.
- Sümei, P. 2004: The results of paleoenvironmental reconstruction and comparative geoarchaeological analysis for the examined area. In: Sümei, P. - Gulyás, S. (szerk.): The geohistory of Bátorliget Marshland. Archaeolingua Press, Budapest. 301-348.
- Sümei, P. 2005: Loess and Upper Paleolithic environment in Hunfary. An Introduction to the Environmental History of Hungary. Aurea Kiadó, Nagykovácsi.
- Sümei, P. 2007. Magyarország negyedidőszak végi környezettörténete (Az elmúlt 34 ezer év üledékföldtani és malakológiai változásai Magyarországon). Akadémiai doktori értekezés, Szeged-Budapest.
- Sümei, P. 2007a: Description of the sampling locations in the Balaton Uplands. In: Zatykó, Cs.-Juhász, I.-Sümei, P. (szerk.): Environmental Archaeology in Transdanubia (Hungary). Varia Archaeologica Hungarica sorozat XX. kötet, MTA Régészeti Intézet, Budapest, 112-113.
- Sümei, P. 2007b: The sediment sequence from Balatonederics. In: Zatykó, Cs.-Juhász, I.-Sümei, P. (szerk.): Environmental Archaeology in Transdanubia (Hungary). Varia Archaeologica Hungarica sorozat XX. kötet, MTA Régészeti Intézet, Budapest, 56.
- Sümei, P. 2009a. A Makót elkerülő úthoz kapcsolódó régészeti ásatások környezettörténeti feldolgozásának eredményei. In: Balogh, Cs. (szerk.): A Makót elkerülő úthoz kapcsolódó régészeti ásatások. Móra Ferenc Múzeum Kiadványa, Szeged. 6-7.
- Szádeczky – Kardoss, E. 1938. Geologie der rumpfungarlandischen kleinen Tiefebene. Sopron.
- Szatmári, J. 2005: Szélerózió-veszélyeztetettség értékelése a Duna-Tisza közén RWEQ modell alkalmazásával. In: A magyar földrajz kurrens eredményei-II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa.
- Székyné Fux, V. – Szepesi, K. 1959: Az „alföldi” lösz szerepe a szikes talajképződésben. *Földtani Közlöny* 88: 53-64.
- Szesztay, K. 1967: Some hydrologic data of Lake Balaton. In: Study Tours, int. *Symp. Paleolimnol. Biol. Res. Inst. Hung. Acad. Sci.* 26-28.
- Takács, K. – Fülek, Gy. 2003: Középkori csatornarendszerek nyomai a Kisalföldön. In: Frisnyák, S. – Tóth, J. (szerk.): A Dunántúl és a Kisalföld történeti földrajza. Nyíregyháza – Pécs, 157-163.
- Takács, K. 2001: Árpád-kori csatornarendszerek kutatásának eredményei. *Vízügyi Közlemények* 2: 266-287.
- Takács-Sánta, A. (szerk.) 2007: Paradigmaváltás?! Kultúránk néhány alapvető meggyőződésének újragondolása. L'Harmattan Kiadó, Budapest.
- Takeoka, Y. – Kaufman, P. B. – Matsumura, O. 1979: Comparative microscopy of idioblasts in lemma epidermis of some C₃ and C₄ grasses (*Poaceae*) using SUMP method. *Phytomorphology* 29: 330-337.
- Trombold, C. D. – Israde-Alcantara, I. 2005: Paleoenvironment and plant cultivation on terraces at La Quemada, Zacatecas, Mexico: the pollen, phytolith and diatom evidence. *Journal of Archaeological Science* 32: 341-353.

- Tullner, T. – Csernyi, T. 2003: New aspects of lake-level changes: Lake-Balaton, Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 46/2: 215-238.
- Twiss, P. C. – Suess, E. – Smith, R. N. 1969: Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America, Proceedings* 33: 109-115.
- van de Plassche, O. – Bohncke, S. J. P. – Makaske, B. – Van der Plicht, J. 2005: Water-level changes in the Flevo area, central Netherlands (5300-1500 BC): implications for relative mean sea-level rise in the Western Netherlands. *Quaternary International* 133-134: 77-93.
- van de Plassche, O. 1982: Sea-level change and water-level movements in the Netherlands during the Holocene. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 36: 93.
- van der Waals, J. D. – Waterbolk, H. T. 1977: Excavations at the natural levee sites S2, S3/5 and S4 (Swifterbant Contribution 6). *Helinium* 17: 3–27.
- van der Worm, P. D. J. 1980: Uptake of Si by five plant species as influenced by variations in Si-supply. *Plant and Soil* 56: 153-156.
- Vass, D. – Pereszlényi, M. – Kováč, M. – Král, M. 1990: Outline of Danube basin geology. *Bulletin of the Hungarian Geological Society* 120: 193–214.
- Verma, S. D. – Rust, R. H. 1969: Observation on opal phytoliths in a soil biosequence in southeastern Minnesota. *Soil Science Society of America Proceedings* 33: 749-751.
- Vermereen, C. – Kuijper, W. 1996: Pollen from coprolites and recent droppings: useful for reconstructing vegetations and determining the season of consumption? *Analecta Praehistorica Leidensia* 26: 213-220.
- Vladár, E. 1968: The drifts of Lake Balaton with special regard to the Bay of Keszthely. *Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Közleményei*, 10: 1-44.
- Vos, P. – Kiden, P. 2005: De landschapsvorming tijdens de steentijd. In: Deebe, J. et al. (szerk.): De steentijd van Nederland. *Archaeologie* 11-12: 7-37.
- Wadham, M. D. – Parry, D. W. 1981: The silicon content of *Oryza sativa* L. and its effect on the grazing behaviour of *Agriolimax reticulatus* Muller. *Annals of Botany* 48: 399-402.
- Weaver, F. M. – Wise, S. W. 1973: Opaline Sediments of the Southeastern Coastal Plain and Horizon A: Biogenic Origin. *Science* 184: 899-901.
- Weninger, B. – Schultig, R. – Bradtmöller, M. – Clare, L. – Collard, M. – Edinborough, K. – Hilpert, J. – Jöris, O. – Niekus, M. – Rholing, E. J. – Wagner, B. 2008: The catastrophic final flooding of Doggerland by the Storegga Slide tsunami. *Documenta Praehistorica* XXXV. UDK 550.344.4(261.26)“633”
- Windland, P. 2007: Phytoliths of the Kiri-tó. In: Whittle, A. (szerk.): The Early Neolithic on The Great Hungarian Plain. *Varia Archaeologica Hungarica* XXI. Budapest, Vol. 1: 99-107.
- Witty, J. – Knox, E. 1964: Grass opal in some chestnut and forested soils in north central Oregon. *Soil Science Society of America Proceedings* 28: 685-688.
- Wu, Y. – Wang, C. 2009: Extended Depth of Focus Image for Phytolith Analysis. *Journal of Archaeological Science*. Elfogadott kézirat.
- WWF - Living Planet Report 2008. http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report_2008.pdf
- Zámolyi, A. – Székely, B. – Draganits, E. – Timár, G. 2009: Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain. *Geomorphology*. IN PRESS
- Zólyomi, B. – Kéri, M. – Horváth, F. 1992: Szubmediterrán éghajlati hatások jelentősége a Kárpát-medence klímazonális növénytakarásainak összetételére. *Hegyfok* Kabos emlékkötet. Debrecen-Túrkeve. 60-74.
- Zólyomi, B. 1952: Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól. *MTA Biológiai Osztályának Közleményei* 1: 491-544.
- Zólyomi, B. 1987: Degree and rate of sedimentation in Lake Balaton. in: Pécsi, M. (szerk.): Pleistocene environment in Hungary. Contribution of the INQUA Hungarian National Committee to the XIIth INQUA Congress, MTA Földrajzi Kutató Intézet, Budapest. 57-79.

11. MELLÉKLETEK

Mellékletek jegyzéke

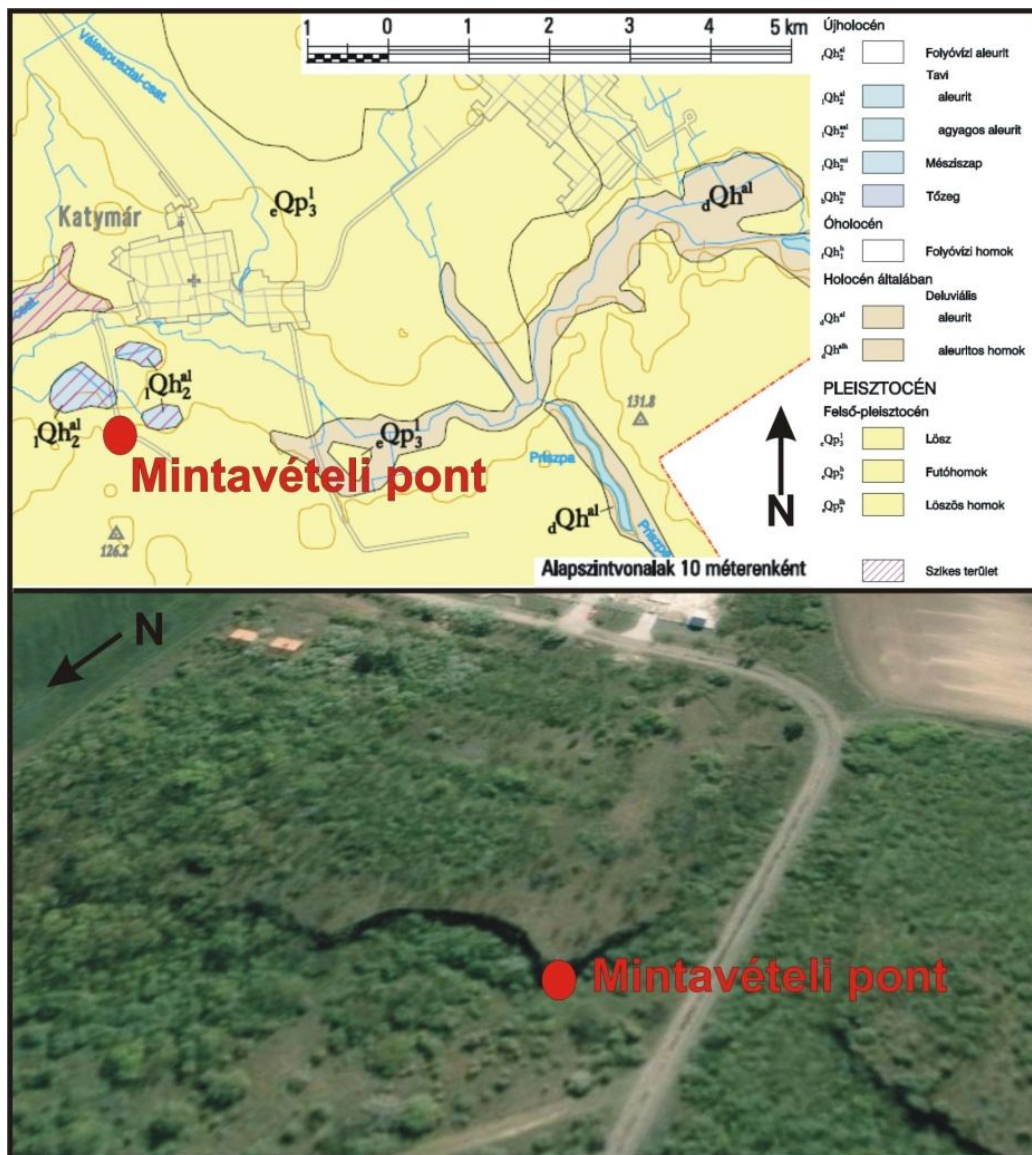
1. Fitolitok feltárására használt receptek áttekintése	122
2. A katymári löszfal mintavételezési pontja	123
3. A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás elhelyezkedése.....	124
4. A Tóközben mélyített fúrások elhelyezkedése.....	125
5. Az M43 autópálya makói elkerülő szakaszához köthető mintavételi pontok elhelyezkedése	126
6. Lelőhely a solti Tételhegyen	127
7. Az apostag-hetényi szarmata kemence lelőhelye.....	128
8. Az Ecser-6, Ecser-7 és az Üllő-5 lelőhelyek elhelyezkedése.....	129
9. Kemenespálfa-Zsombékos lelőhely elhelyezkedése.....	130
10. A vizsgált lelőhely elhelyezkedése a neolit (5100 BP) környezetben (Vos – Kiden 2005 és Mol 2006 ábrái alapján, saját módosítás).....	131
11. A swifterbanti S4 vizsgálati lelőhely elhelyezkedése (Deckers 1979, Huisman et al. 2009, saját módosítás).....	132
12. A tóközi fúrásokban talált fitolitok és szivacsstűk típusai.....	133
13. A makói M43 -25-26. lelőhely közti fúrásból származó fitolitformák.....	134
14. A makói M43 – 31. lelőhely vizsgált objektumai.....	134
15. Tételhegyi minták jegyzéke.....	135
16. Statisztikailag értékelhető minták fitolitjainak megoszlása az összevont fitolit csoportok között	136
17. Fitolit formák a vizsgált tételhegyi mintákban.....	137
18. A szarmata kemencéből feltárt fitolitok	138
19. Az M0 autópálya déli szektorából feltárt minták fitolittartalma.....	138
20. Az M0 autópálya déli szektorában feltárt mintákban előforduló legfontosabb fitolitformák.....	139
21. Az M0 autópálya déli szektorából származó mintákból feltárt fitolitok méretbeli megoszlása	139
22. Az M0 autópálya déli szektorának statisztikailag értékelhető mintáinak fitolitdiagramja.....	140
23. A kemenspálfa-i feltárt malomkövek valamint őrlőkövek	141
24. A kemenespálfa-i mintákról kinyert gabona fitolitok.....	141
25. A swifterbanti talajmonolit fitolitelemzésének eredménye.....	142
26. A swifterbanti talajmonolit zsákszerű struktúráinak vizsgálati eredménye	143
27. Terhelési zseb és lángszerkezet egy fúrás­magban (SZTE TTK Földtani és Őslénytani Tanszék üledékgyűjteményéből)	144
28. A swifterbanti sertés koprolitok fitolidiagramja	145
29. Sérült nád fitolitok a swifterbanti koprolitokból.....	146
30. A swifterbanti sertésfogon feltárt fitolitok scanning mikroszkóp felvételen, Si-térképpel és elem­spektrumokkal.....	146

1. melléklet

recept	diszpergálás	szervesanyag eltávolítás	karbonátok eltávolítása	defloukkuláció	szeparálás	filtráció nehéz folyadékkal	dehidratáció	bedgyazó anyag
Twiss et al. (1969)	calgon-oldat				megőrzi a 10-25 mikron közti szemcséket	bromofom (CHBr ₃) és tetraflórmétán (CCl ₄)	aceton (C ₃ H ₆ O)	Cadex
Rovner (1971)	calgon-oldat	Schulze-oldat (75% salétromsav (HNO ₃) és 25% telített kálium- klorát (KClO ₃) vagy nátrium- klorát (NaClO ₃))	10% sósav (HCl)			tetrabrométánhoz (Br ₂ CHCHBr ₂) 100%-os etanol (C ₂ H ₅ O)	etanol (C ₂ H ₅ O)	kanadabalzsam
Carbone (1977)	calgon-oldat	hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂)			agyagfrakció eltávolítása	kálium-jodid (KI) és kadmium-jodid (CdI ₂) oldat (CdI ₂ -KI)	aceton (C ₃ H ₆ O)	Cadex
Pearsall (1979, 1986)	nátrium- hexametáfoszfát ([NaPO ₃] ₆)	hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂), kálium-hidroxid (KOH)	10% sósav (HCl)	nátrium- hexametáfoszfát ([NaPO ₃] ₆)	agyagfrakció eltávolítása	nehéz folyadék	aceton (C ₃ H ₆ O)	kanadabalzsam
Powers - Gilbertson (1987)	calgon-oldat	hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂)	10% sósav (HCl)	calgon-oldat		nehéz folyadék	etanol (C ₂ H ₅ O)	
Piperno (1983)	calgon-oldat vagy nátrium- bikarbonát	salétromsavat (HNO ₃) vagy hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂) valamint kálium- hidroxidot	10% sósav (HCl)	calgon-oldat vagy nátrium- bikarbonát (NaHCO ₃)	agyagfrakció eltávolítása, frakciónkénti szeparálás	kadmium-jodid (CdI ₂) és kálium- jodid (KI)	aceton (C ₃ H ₆ O)	Permount
Mulholland - Rau (1985)	nátrium- hexametáfoszfát ([NaPO ₃] ₆)		10% sósav (HCl)		megkuionboztet: fitolit frakció, nehéz f., könnyű f., homok f., agyag f.	cink-bromid (ZnBr ₂) és sósav (HCl)	etanol (C ₂ H ₅ O)	
Lentfer - Boyd (1998)	calgon-oldat	hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂)	10% sósav (HCl)	calgon-oldat	250 mikron feletti szemcsék eltávolítása	kadmium-jodid (CdI ₂) és kálium- jodid (KI)	etanol (C ₂ H ₅ O)	benzil-benzoát (C ₁₄ H ₁₂ O ₂)
Madella et al. (1998)	nátrium- hexametáfoszfát ([NaPO ₃] ₆)	hidrogén- peroxid (H ₂ O ₂)	10% sósav (HCl)			nátrium- polytungstat [Na ₆ (H ₂ W ₁₂ O ₄₂) x H ₂ O]	metanol (CH ₃ OH)	
Blinnikov-féle módszer (írásbeli közlése alapján, 2005)		nátrium- pirofoszfát (Na ₄ O ₇ P ₂) és ammónia (HNO ₃) és kálium-klorát (KClO ₃)	10% sósav (HCl)			cink-jodid (ZnI ₂)		

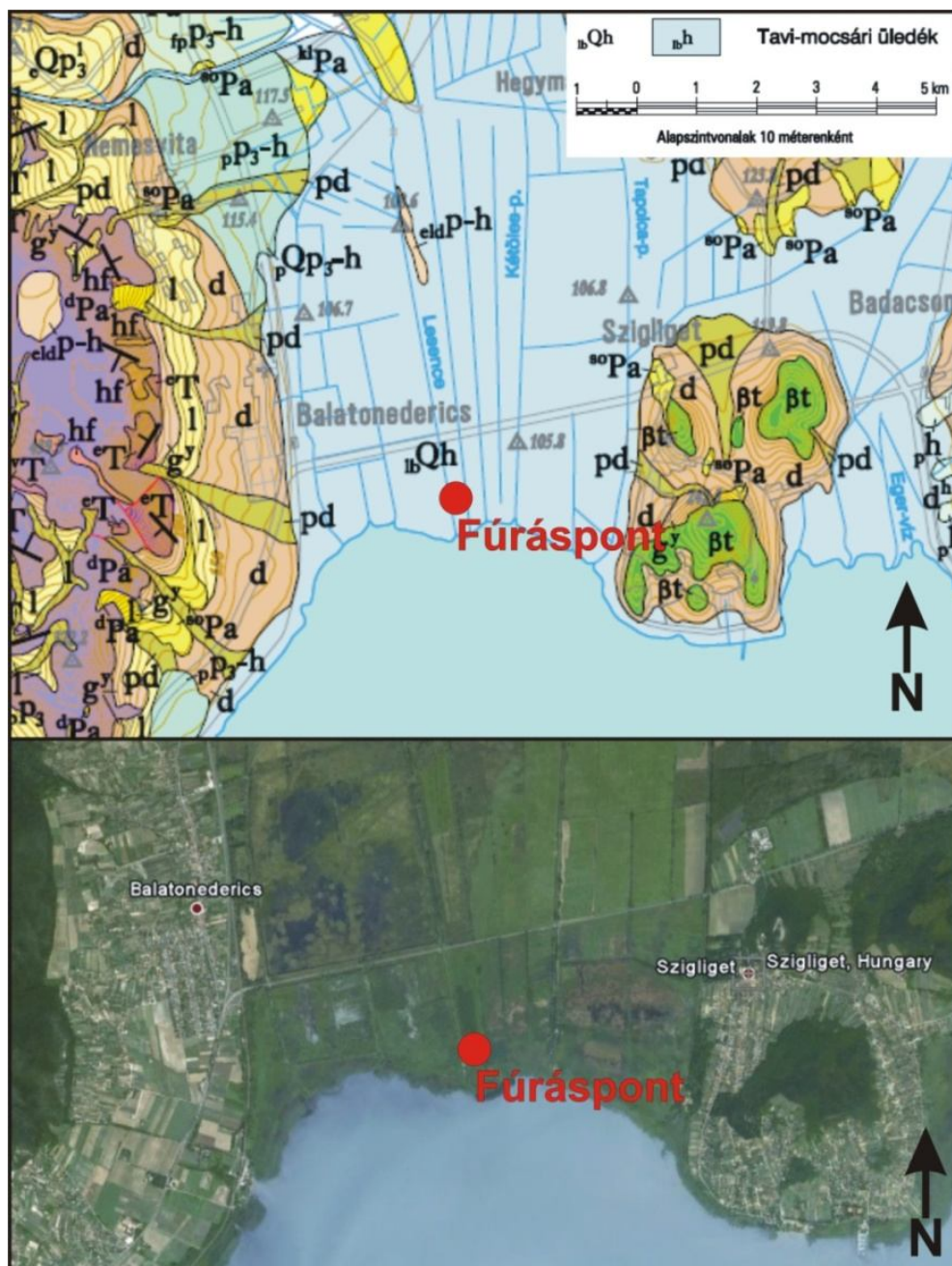
Fitolitok feltárására használt receptek áttekintése (saját táblázat)

2. melléklet



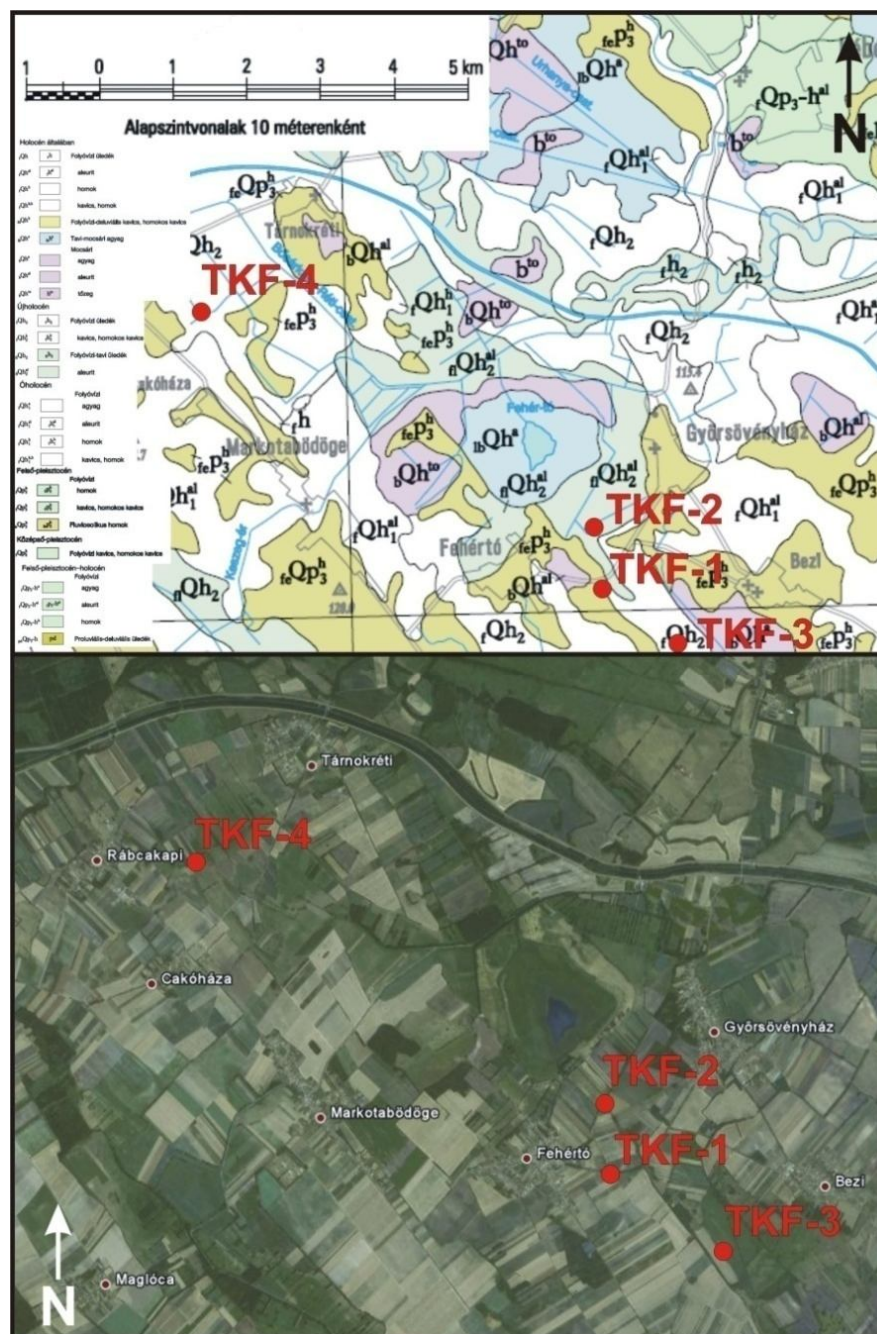
A katymári löszfal mintavételezési pontja
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

3. melléklet



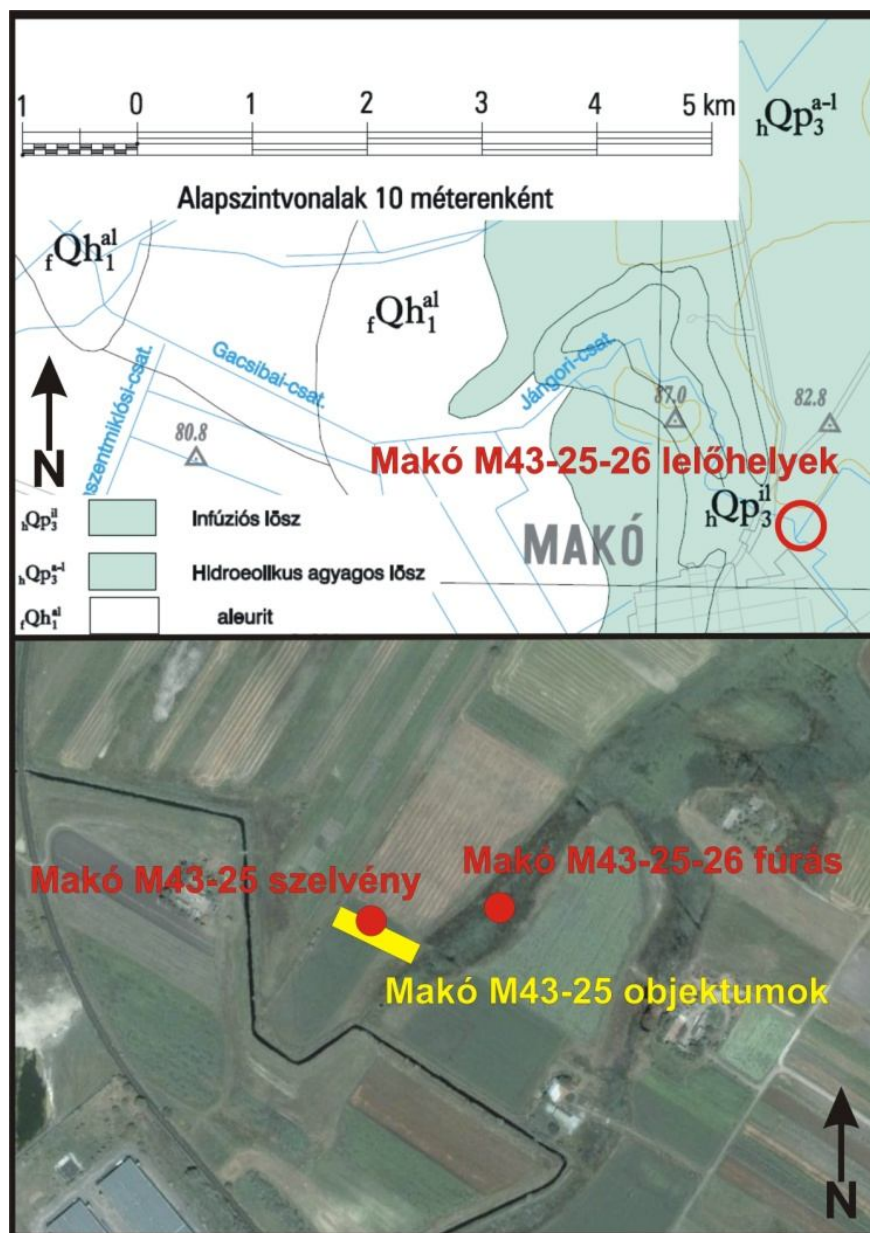
A Szigligeti-öbölben mélyített fúrás elhelyezkedése
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

4. melléklet



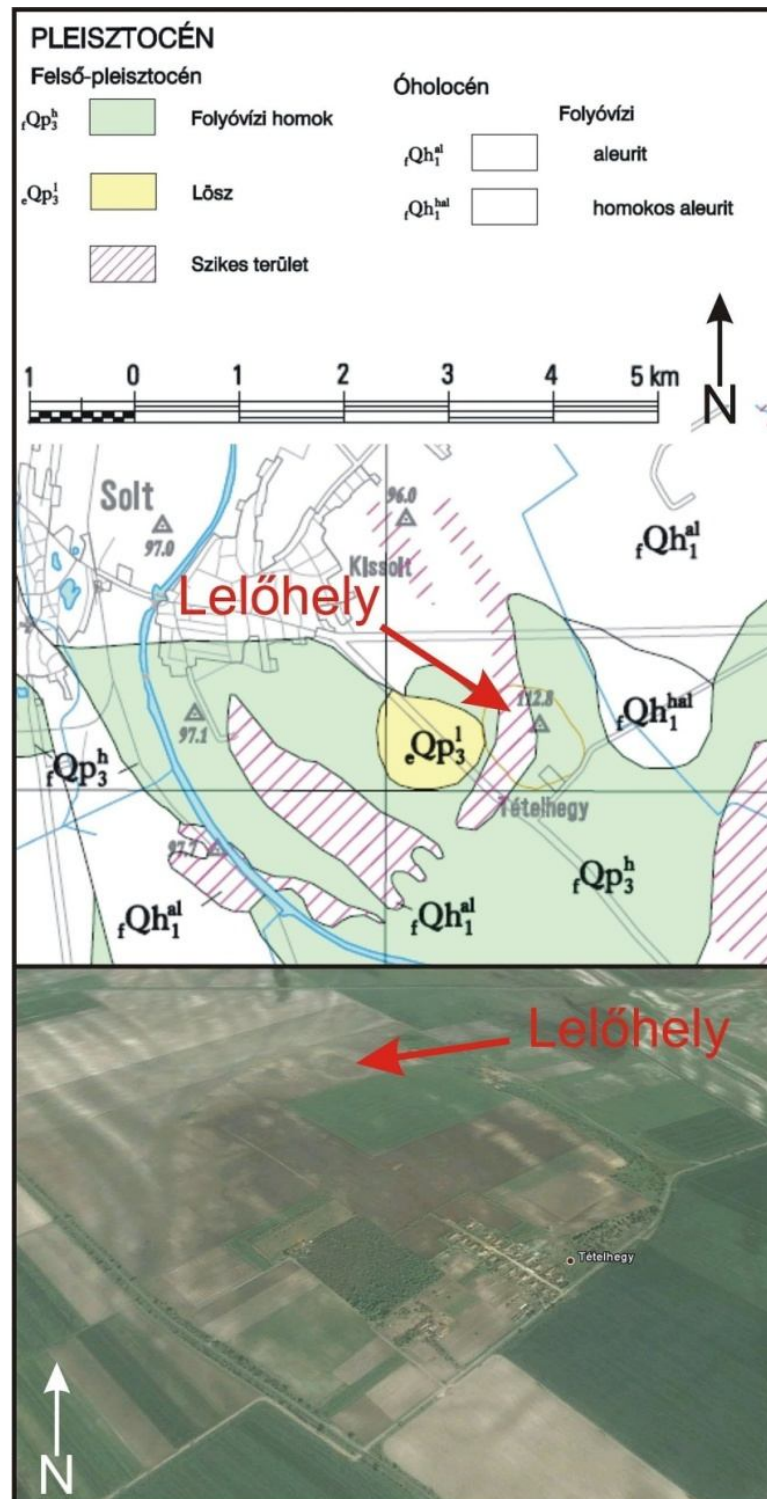
A Tóközben mélyített fúrások elhelyezkedése
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

5. melléklet



Az M43 autópálya makói elkerülő szakaszához köthető
mintavételi pontok elhelyezkedése
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

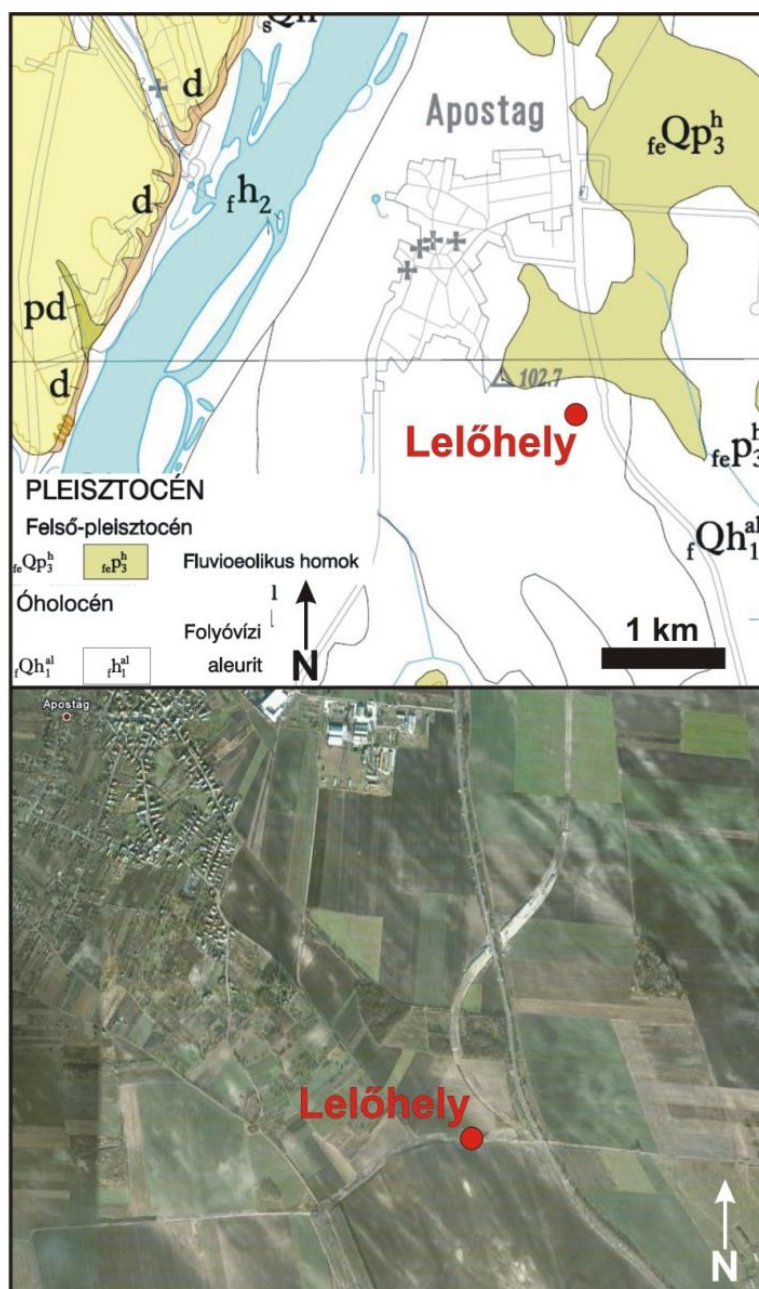
6. melléklet



Lelőhely a solti Tételhegyen

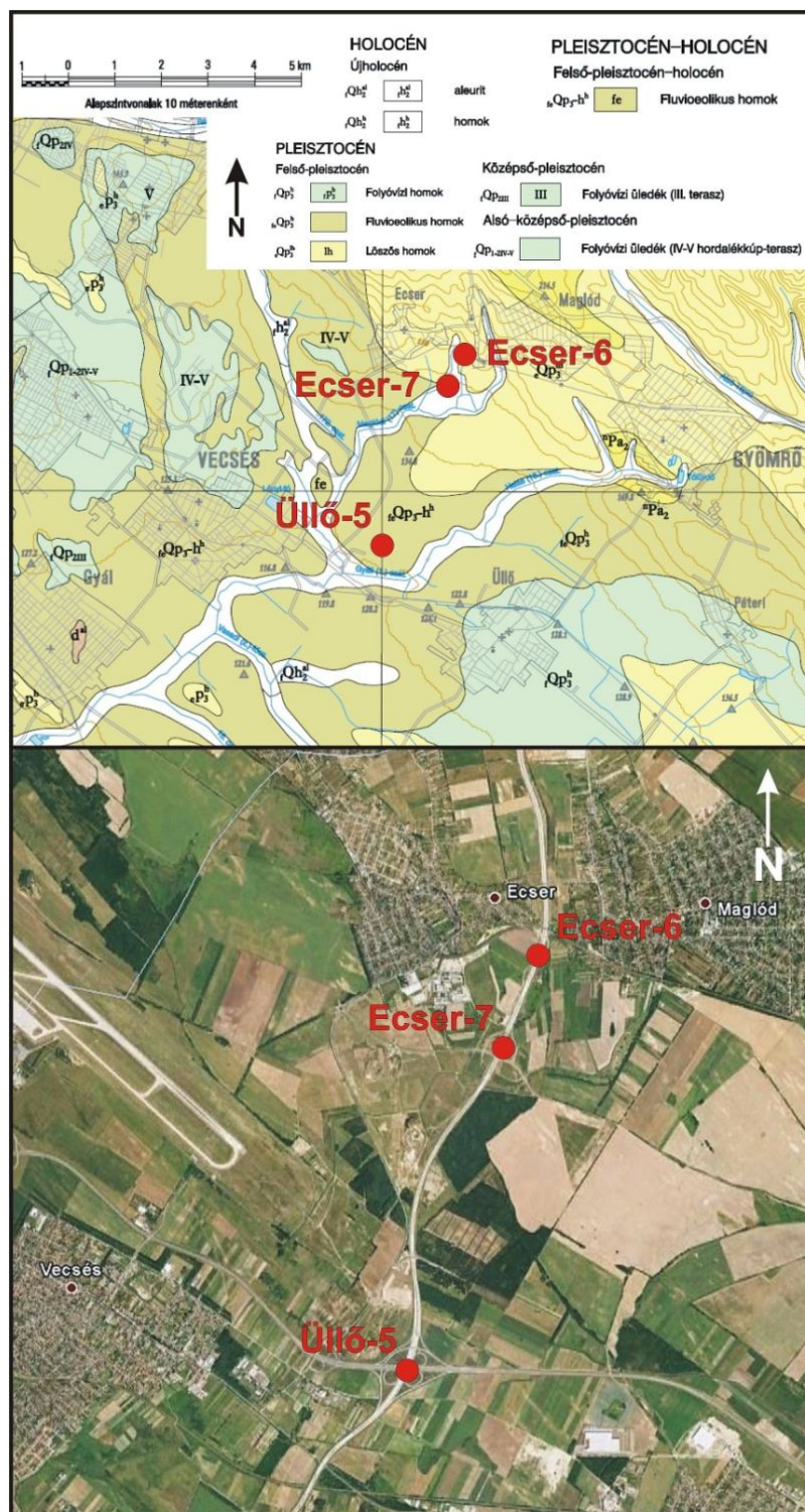
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

7. melléklet



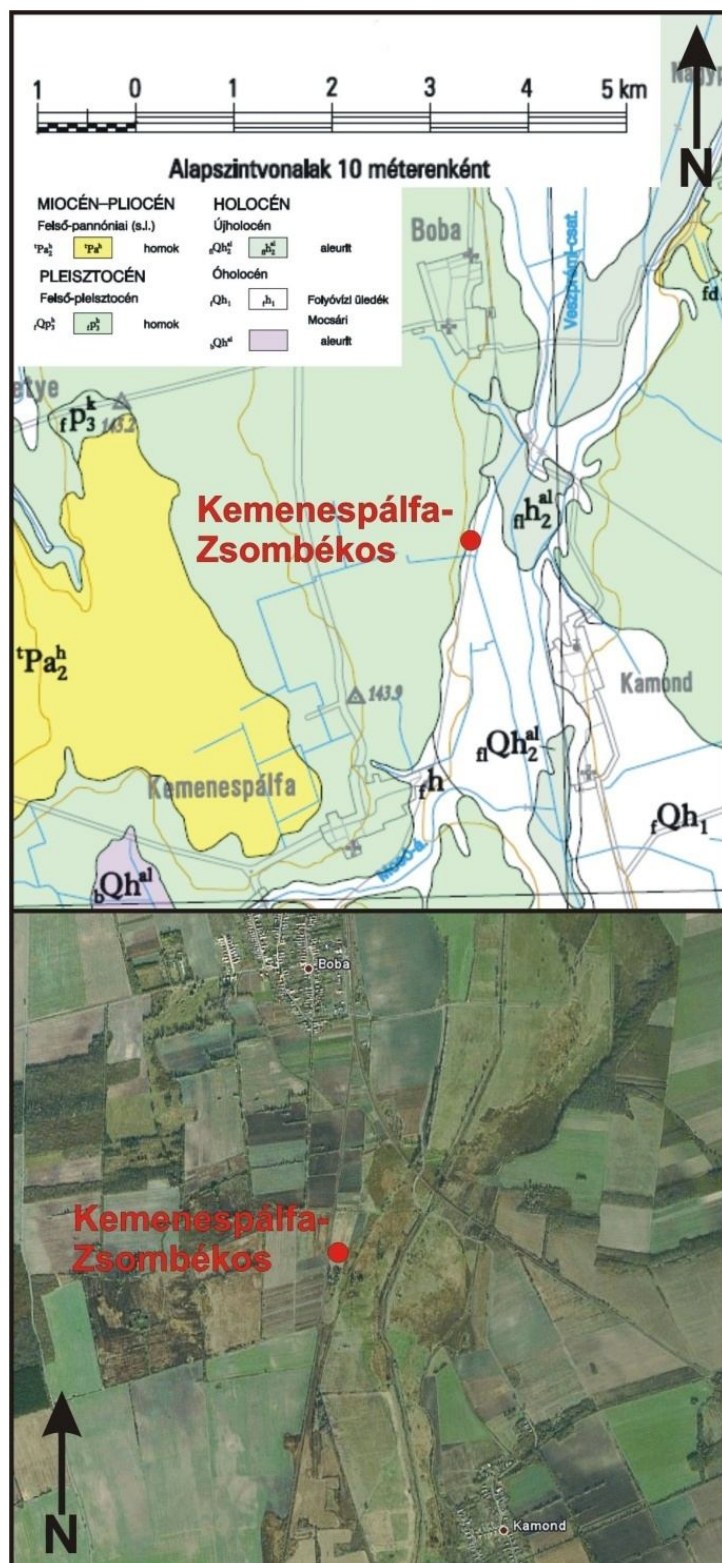
Az apostag-hetényi szarmata kemence lelőhelye
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

8. melléklet



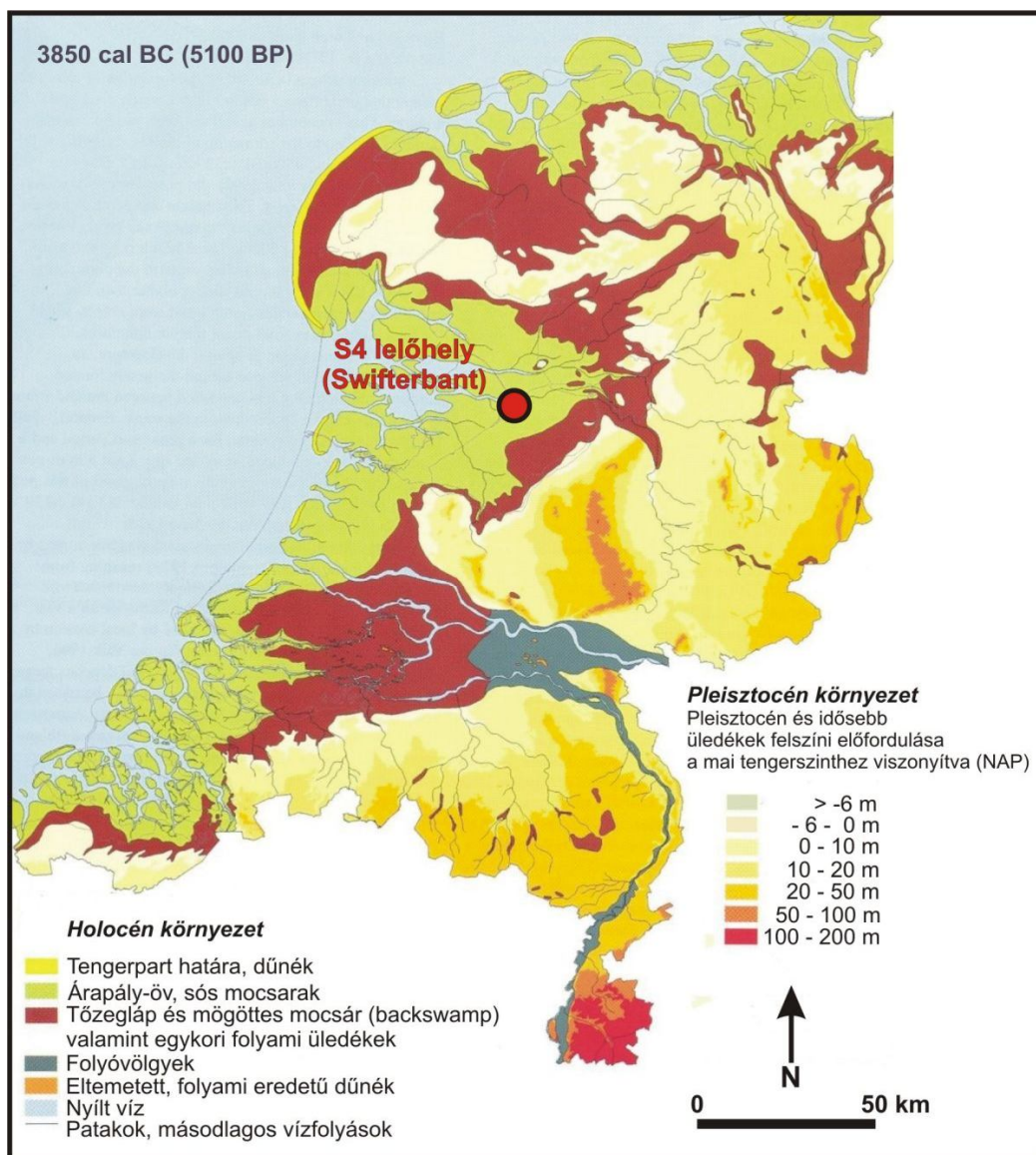
Az Ecser-6, Ecser-7 és az Üllő-5 lelőhelyek elhelyezkedése
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

9. melléklet



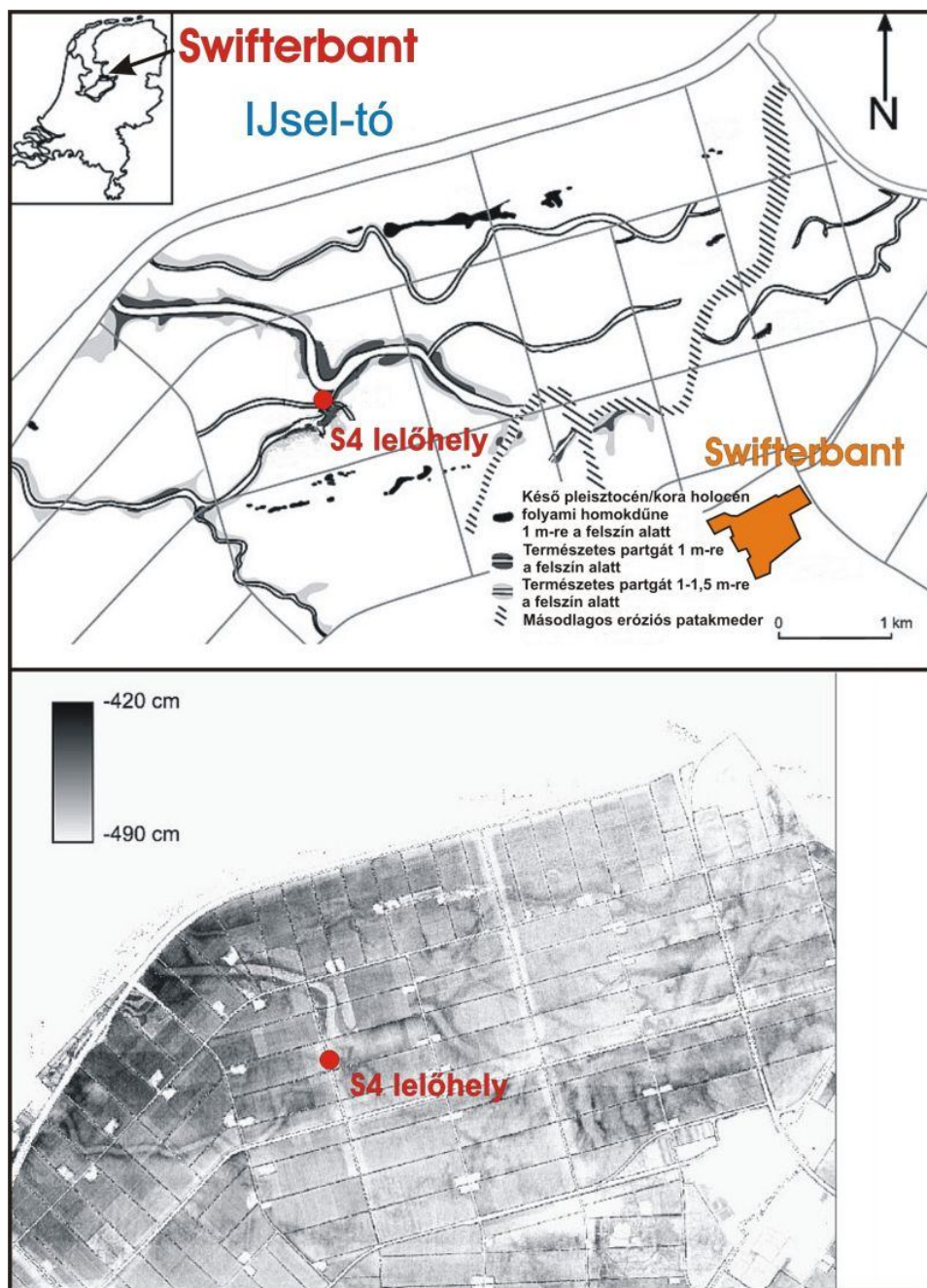
Kemenespálfa-Zsombékos lelőhely elhelyezkedése
(Magyarország földtani térképe 1:100 000, valamint Google Earth felvétel)

10. melléklet



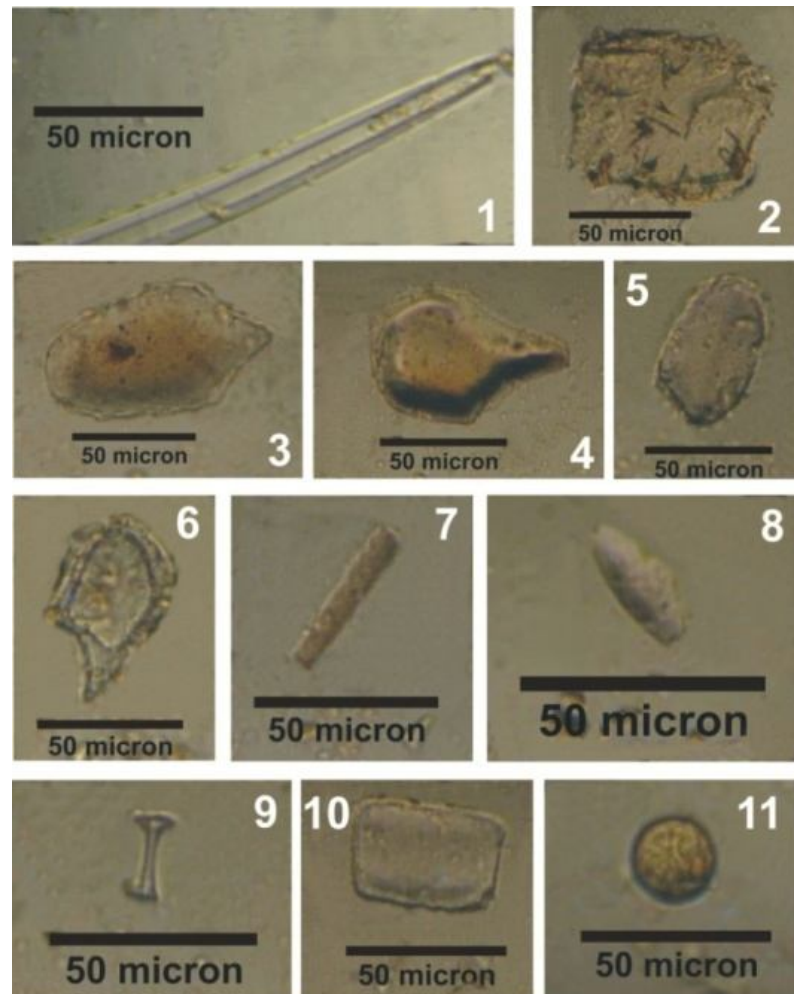
A vizsgált lelőhely elhelyezkedése a neolitik (5100 BP) környezetben
(Vos – Kiden 2005 és Mol 2006 ábrái alapján, saját módosítás)

11. melléklet



A swifterbanti S4 vizsgálati lelőhely elhelyezkedése
(Deckers 1979, Huisman et al. 2009, saját módosítás)

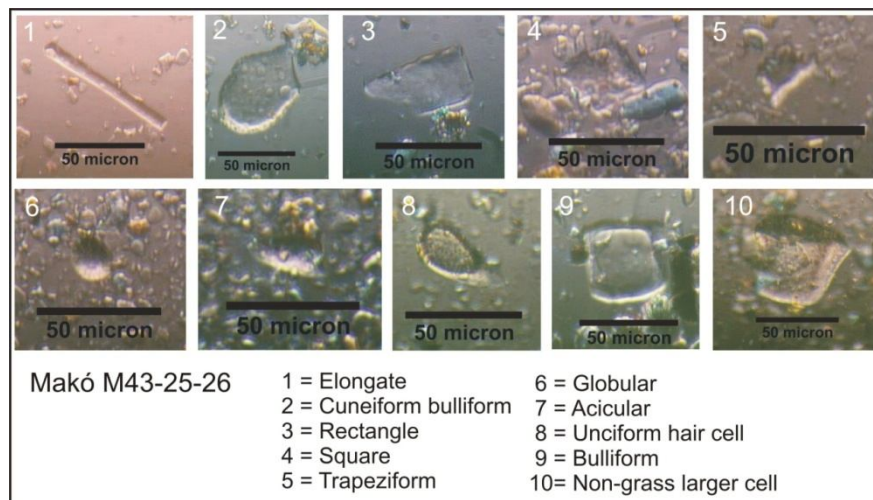
12. melléklet



- | | |
|---------------------------------|----------------|
| 1 = Szivacs tű | 6 = Trichome |
| 2 = Non-garss larger cell | 7 = Elongate |
| 3 = Cuneiform bulliform - Typ-1 | 8 = Fusiform |
| 4 = Cuneiform bulliform - Typ-2 | 9 = Bilobate |
| 5 = Bulliform | 10 = Rectangle |
| | 11 = Globular |

A tóközi fűrésokban talált fitolitok és szivacsstűk típusai

13. melléklet



A makói M43 -25-26. lelőhely közti fűrészből származó fitolitformák

14. melléklet

objektum	feltárási kód	fitolit (db)
6.SN (kutyasír, sír aljáról szenes réteg)	MAK-25	23
74.SN (15-20 cm, kút betöltés)	MAK-26	2
140.SN / 67.obj (paticsos réteg, 40-50 cm)	MAK-27	14
140.SN / 67.obj (faszenes réteg, 90-120 cm)	MAK-28	200
239.SN (verem metszetfala, 190-210 cm)	MAK-29	200
241.SN (verem, 40-60 cm) késő avar	MAK-30	6
241.SN (verem, 60-80 cm) késő avar	MAK-31	9
241.SN (verem, 60-80 cm) késő avar	MAK-32	7
250.SN (hamus gödör, 47-82 cm) hamus, paticsos betöltés	MAK-33	200
250.SN (hamus gödör, 82-92 cm) agyagos, faszenes betöltés	MAK-34	2
264.SN / 246.obj (kút, malomkövek alól)	MAK-35	2
289.SN (sír koporsó betöltés)	MAK-36	0
289.SN (koporsó fala, kormos réteg)	MAK-37	1
289.SN (~40 cm, sír lábtól)	MAK-38	0
290.SN (sír ~30 cm)	MAK-39	0
303.SN (nagyfazékból a földminta)	MAK-40	0

A makói M43 – 31. lelőhely vizsgált objektumai

15. melléklet

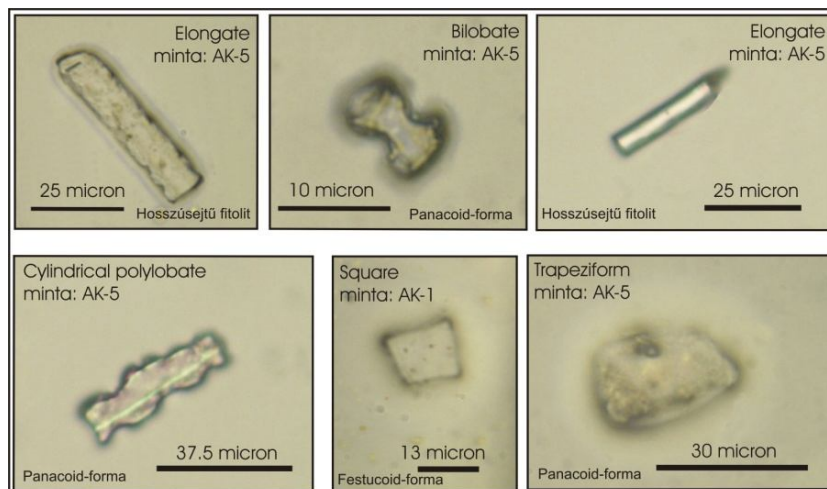
Minta	Leírás	Feltárási kód	Fitolit (db)	Minta	Leírás	Feltárási kód	Fitolit (db)
1.	159.obj alja	ST-1	7	32.	201.obj kikent cölöplyuk fala	ST-32	16
2.	159.obj oldala	ST-2	200	33.	218.gödör	ST-33	200
3.	138.obj alja	ST-3	8	34.	169.obj fala	ST-34	0
4.	138.obj oldala	ST-4	8	35.	170.obj Ny-i metszetfal	ST-35	200
5.	133.obj alja	ST-5	22	36.	170.obj metszetfal a 172.obj-mal	ST-36	200
6.	133.obj oldala	ST-6	200	37.	174.obj metszetfal a 170.obj-mal	ST-37	200
7.	55.obj ház, 219.obj fölött	ST-7	200	38.	173.obj alja	ST-38	0
8.	219.obj. Sír aljának mintái (158.obj szintjéből)	ST-8	200	39.	204.obj oldala	ST-39	52
9.	219.obj. Sír aljának mintái (158.obj alatti szintből)	ST-9	0	40.	176.obj	ST-40	200
10.	55.obj ház DNy-i cölöplyuk	ST-10	200	41.	176.obj nem faszén	ST-41	12
11.	216.obj	ST-11	17	42.	175.obj oldala	ST-42	200
12.	217.obj	ST-12	12	43.	197.obj oldala	ST-43	200
13.	200.obj kemence, száj elől	ST-13	200	44.	206.obj kavicsréteg felett	ST-44	9
14.	200.obj kemence, szájától jobbra	ST-14	102	45.	206.obj kavicsréteg alatt	ST-45	20
15.	200.obj kemence, kemence teteje	ST-15	78	46.	203.obj	ST-46	47
16.	200.obj járószint felett	ST-16	44	47.	179.obj faszenes réteg felett	ST-47	31
17.	200.obj járószint alatt	ST-17	200	48.	179.obj faszenes réteg	ST-48	200
18.	201.obj kemence szája elől	ST-18	200	49.	179.obj faszenes réteg alatt	ST-49	200
19.	201.obj kemence belseje, bal oldal	ST-19	200	50.	179.obj agyagos réteg	ST-50	9
20.	201.obj kemence belseje, első omladék réteg	ST-20	200	51.	179.obj agyagos réteg alatt	ST-51	5
21.	201.obj kemence belseje, jobb oldal, betöltés teteje	ST-21	200	52.	188.obj felső faszenes réteg felett	ST-52	200
22.	201.obj kemence belseje, jobb oldal, betöltés alja	ST-22	41	53.	188.obj felső faszenes réteg	ST-53	200
23.	201.obj padló szint	ST-23	200	54.	188.obj felső faszenes réteg alatt	ST-54	200
24.	207.obj	ST-24	200	55.	184.obj sötét betöltés	ST-55	0
25.	201.obj 1.padlószint felett	ST-25	200	56.	184.obj sárga betöltés	ST-56	0
26.	201.obj 1.-2. padlószint között	ST-26	0	57.	202.obj K-i metszetfal	ST-57	200
27.	201.obj 2.padlószint alatt	ST-27	32	58.	"Sánc" - 1. karbonátos szint alól	ST-58	0
28.	201.obj 1.padlószintből	ST-28	51	59.	"Sánc" - 2. karbonátos szint alól	ST-59	200
29.	201.obj 2.padlószintből	ST-29	2	60.	185.obj betöltése	ST-60	0
30.	201.obj 3.padlószintből	ST-30	25	61.	130.obj hombár	ST+1	200
31.	201.obj Ny-i oldal nagy cölöplyuk	ST-31	12				

Tételhegyi minták jegyzéke

Statisztikailag értékelhető minták fitolitjainak megoszlása az összevont
fitolit csoportok között



18. melléklet



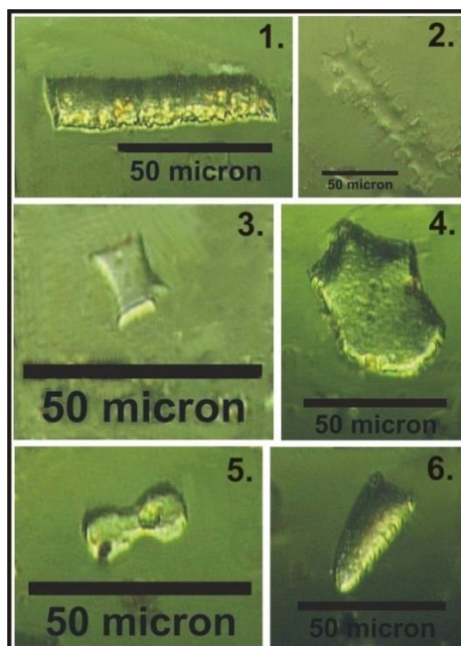
A szarmata kemencéből feltárt fitolitok

19. melléklet

minta	kor	objektum	feltárási kód	fitolit (db)
Ecser-7 lelőhely 251. obj	késő-szarmata	gödör	R-53	23
Vecsés-36 lelőhely 143. obj	Árpádkor	sütőkemence	R-54	3
Vecsés-36 lelőhely 299. obj	Árpádkor	kút	R-55	14
Vecsés-36 lelőhely 127. obj	Árpádkor	árok	R-56	76
Vecsés-36 lelőhely 12. obj.	Árpádkor	árok	R-57	100
Vecsés-36 lelőhely 305. obj.	Árpádkor	árok	R-58	9
Ecser-7 lelőhely 228. obj	késő-szarmata	gödör	R-59	11
Vecsés-36. 304. obj. /fiatalabb	Árpádkor	árok	R-60	21
Üllő-5. lelőhely 7347.obj.	késő-szarmata	gödör	R-61	47
Vecsés-36 lelőhely 304. obj. /idősebb	Árpádkor?	árok	R-62	0
Ecser-7 lelőhely 1008. obj.	késő-szarmata	gödör	R-63	7
Vecsés-36 lelőhely 303. obj.	Árpádkor?	gödör	R-64	21
Üllő-5. lelőhely 7847.obj.	késő-szarmata	gödör	R-65	35
Vecsés-36 lelőhely 142. obj.	Árpádkor	kemence	R-66	1
Vecsés-36. lelőhely 204. obj.	Árpádkor	gödör	R-67	10
Ecser-7 lelőhely 146. obj.	késő-szarmata	gödör	R-68	9
Ecser-7 lelőhely 225. obj.	késő-szarmata	gödör	R-69	200
Ecser-7 lelőhely 1032. obj.	késő-szarmata	gödör	R-70	200
Vecsés-36. lelőhely 242. obj.	Árpádkor?	árok	R-71	96
Ecser-7 lelőhely 4777.obj.	késő-szarmata?	kemence	R-72	68
Ecser-7. lelőhely 1000.obj	késő-szarmata	edényégető	R-73	18
Üllő-5. lelőhely 10. 7847.obj. ASZ	szarmata	gödör	R-74	200
Üllő-5. lelőhely 10. 7847.obj. FSZ	szarmata	gödör	R-75	200
Üllő-5. lelőhely 10. 7847.obj. KSZ	szarmata	gödör	R-76	200
Ecser-6 lelőhely 617. obj.	badeni	gödör	R-77	200

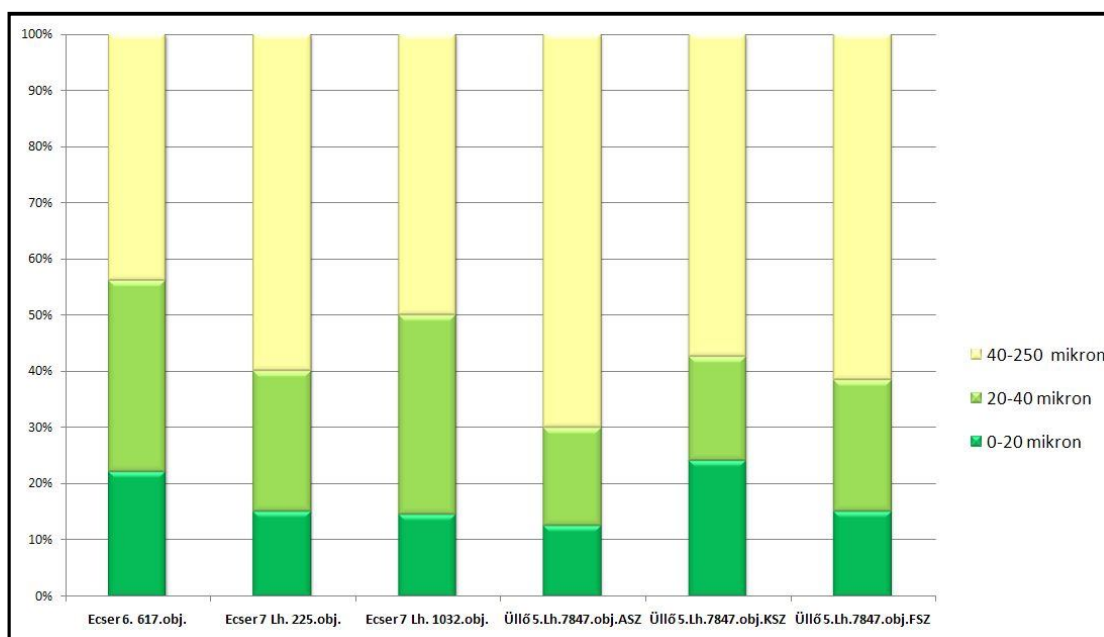
Az MO autópálya déli szektorából feltárt minták fitolittartalma

20. melléklet



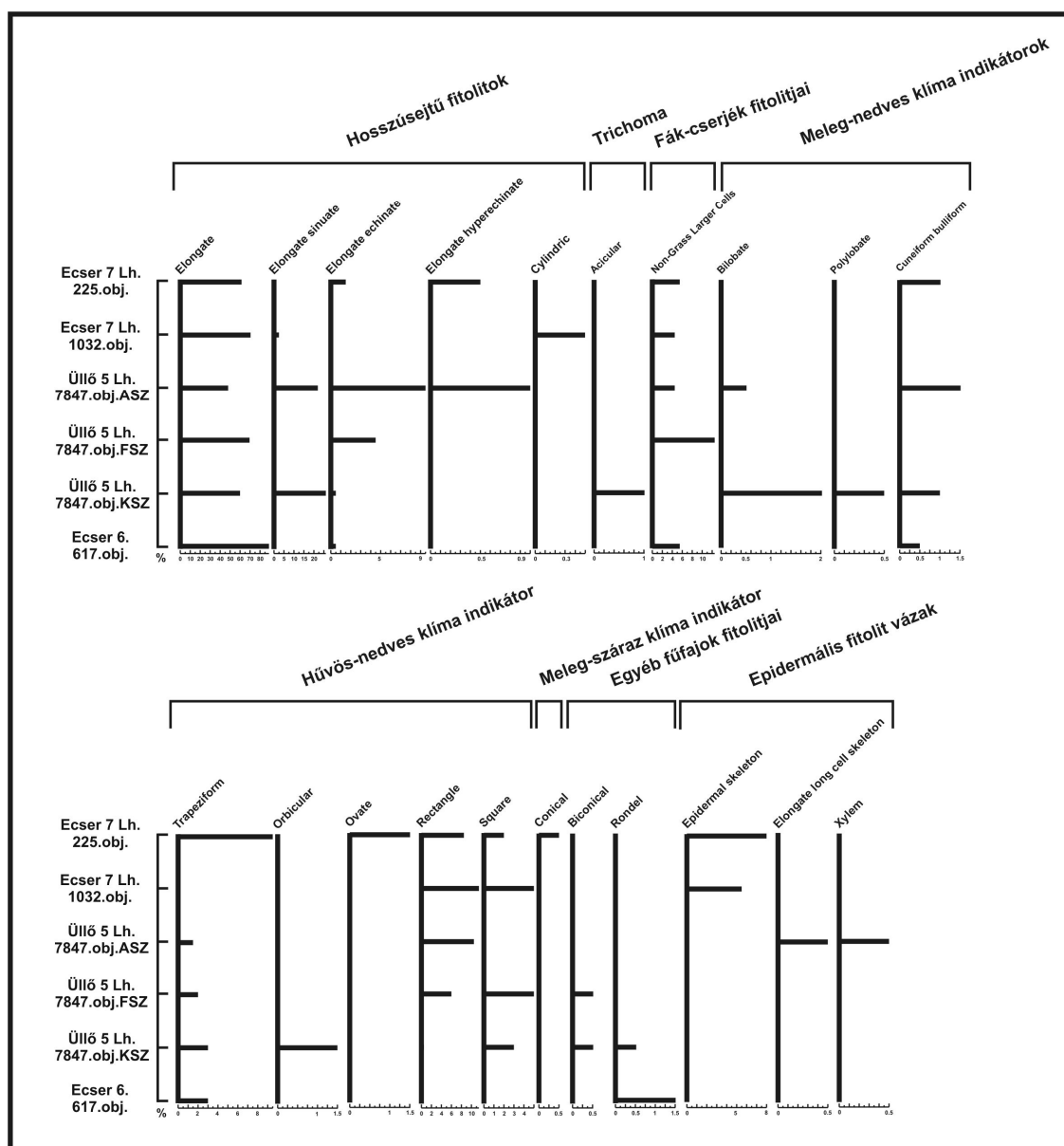
Az M0 autópálya déli szektorában feltárt mintákban előforduló
legfontosabb fitolitformák

21. melléklet



Az M0 autópálya déli szektorából származó mintákból feltárt fitolitok
méretbeli megoszlása

22. melléklet



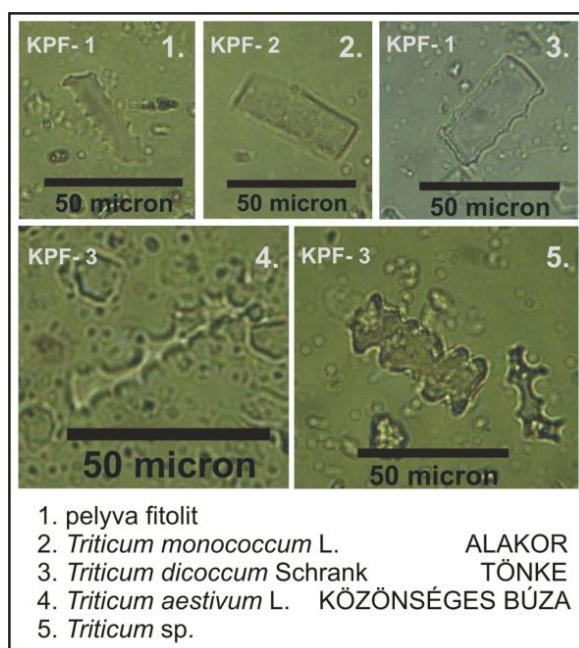
Az M0 autópálya déli szektorának statisztikailag értékelhető mintáinak fitolitdiagramja

23. melléklet



A kemenspálfai feltárt malomkövek valamint őrlőkövek

24. melléklet



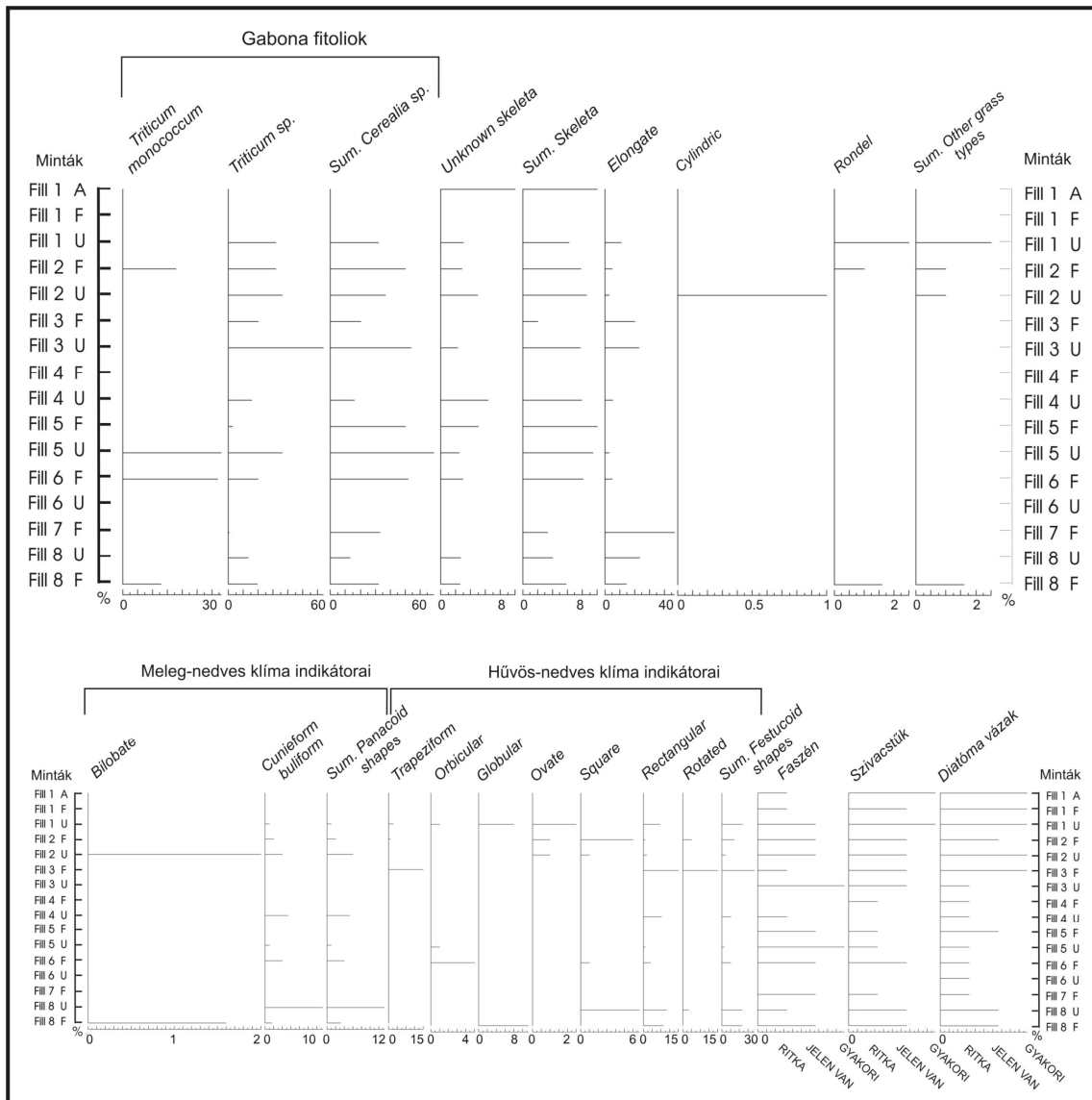
A kemenspálfai mintákról kinyert gabona fitolitok

25. melléklet



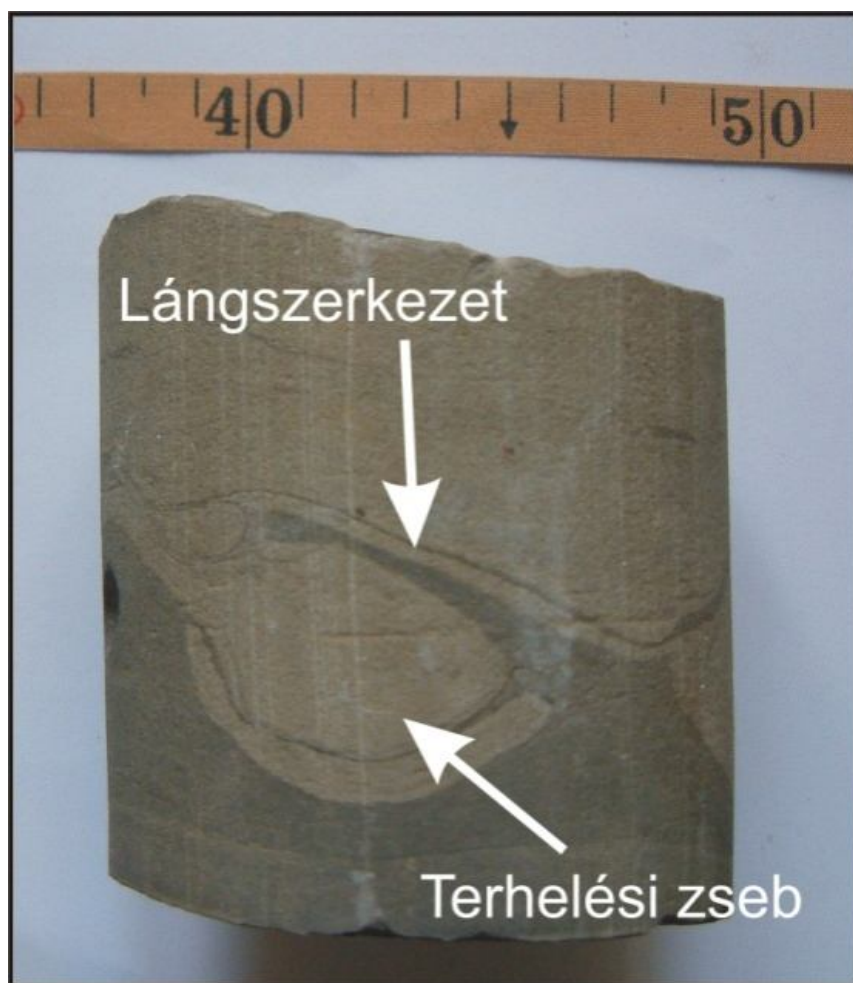
A swifterbanti talajmonolit fitolitelemzésének eredménye

26. melléklet



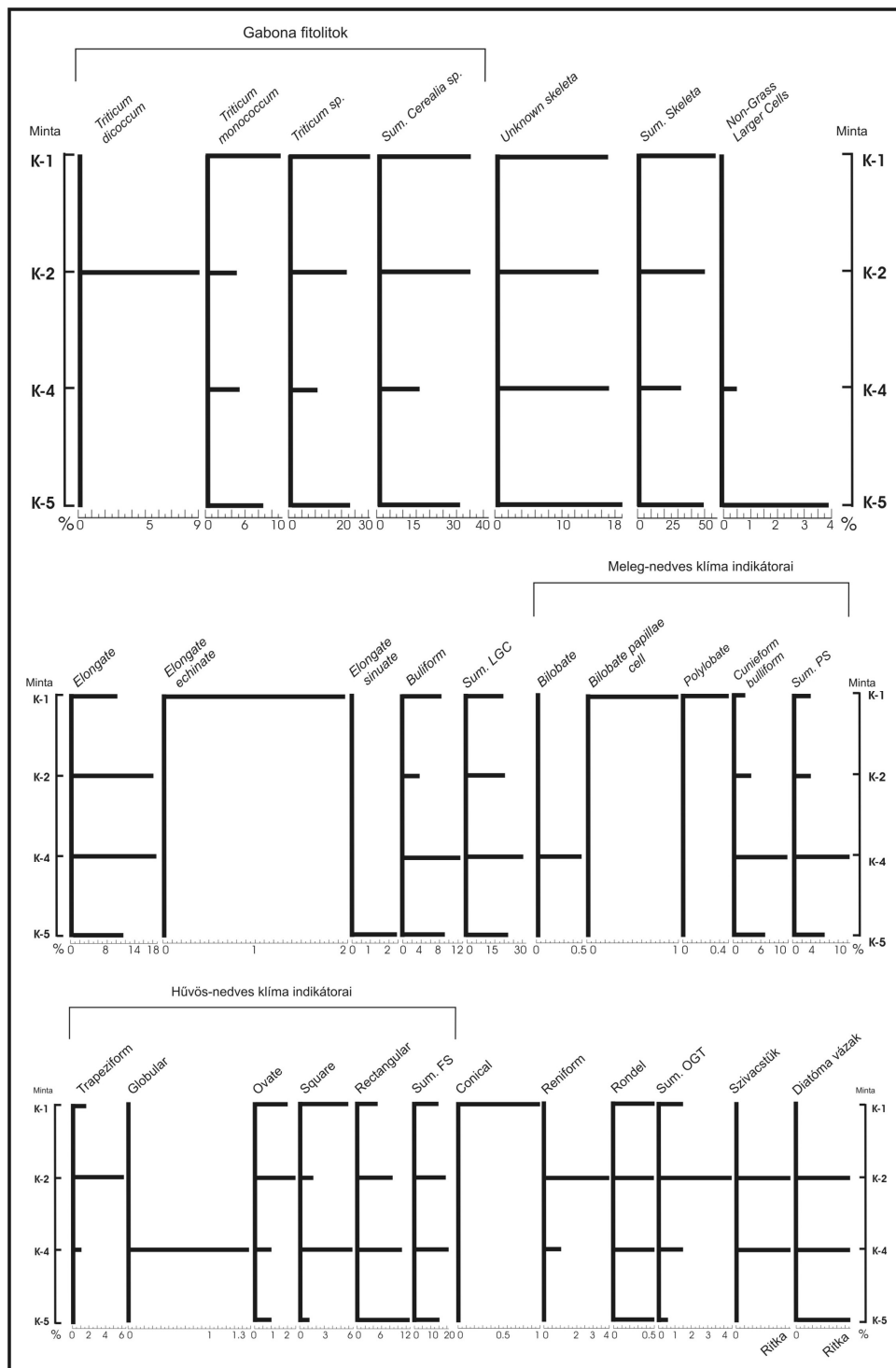
A swifterbanti talajmonolit zsákszerű struktúráinak vizsgálati eredménye

27. melléklet



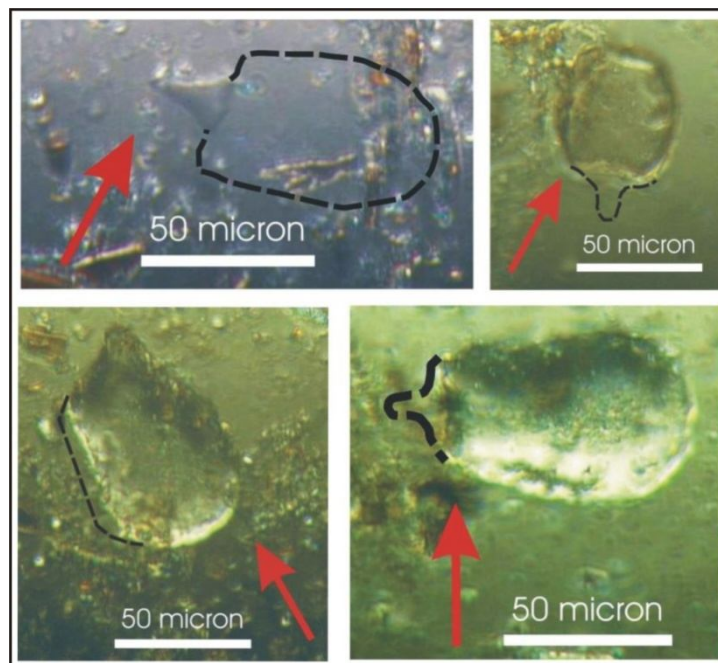
Terhelési zseb és lángszerkezet egy fúrásmagban
(SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék üledékgyűjteményéből)

28. melléklet



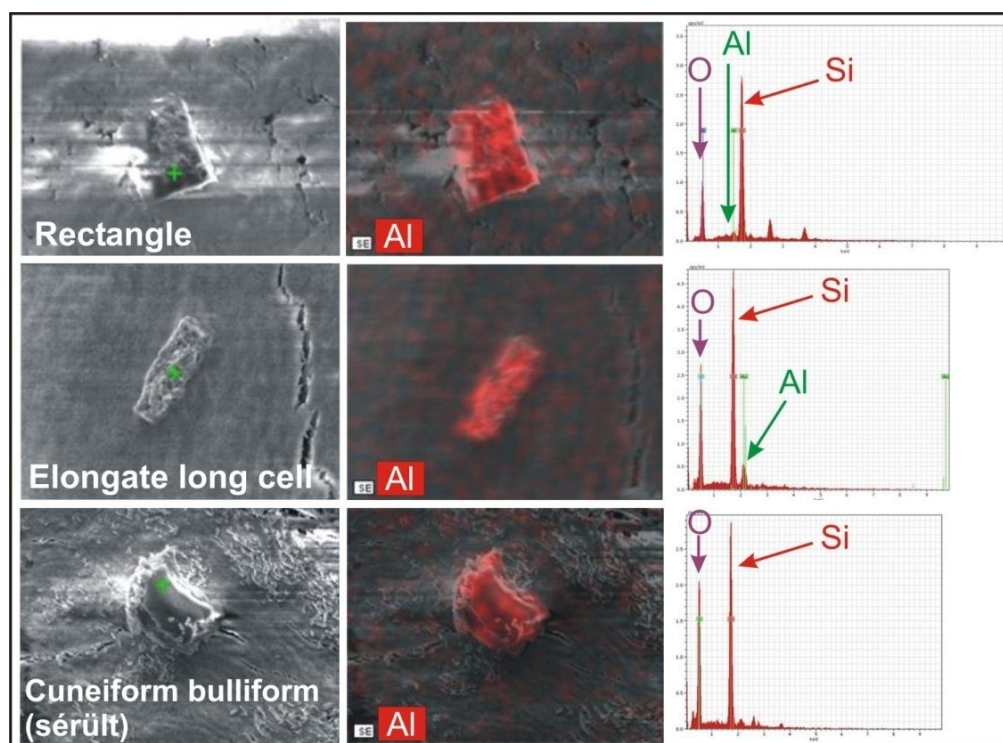
A swifterbanti sertés koprolitok fitolidiagramja

29. melléklet



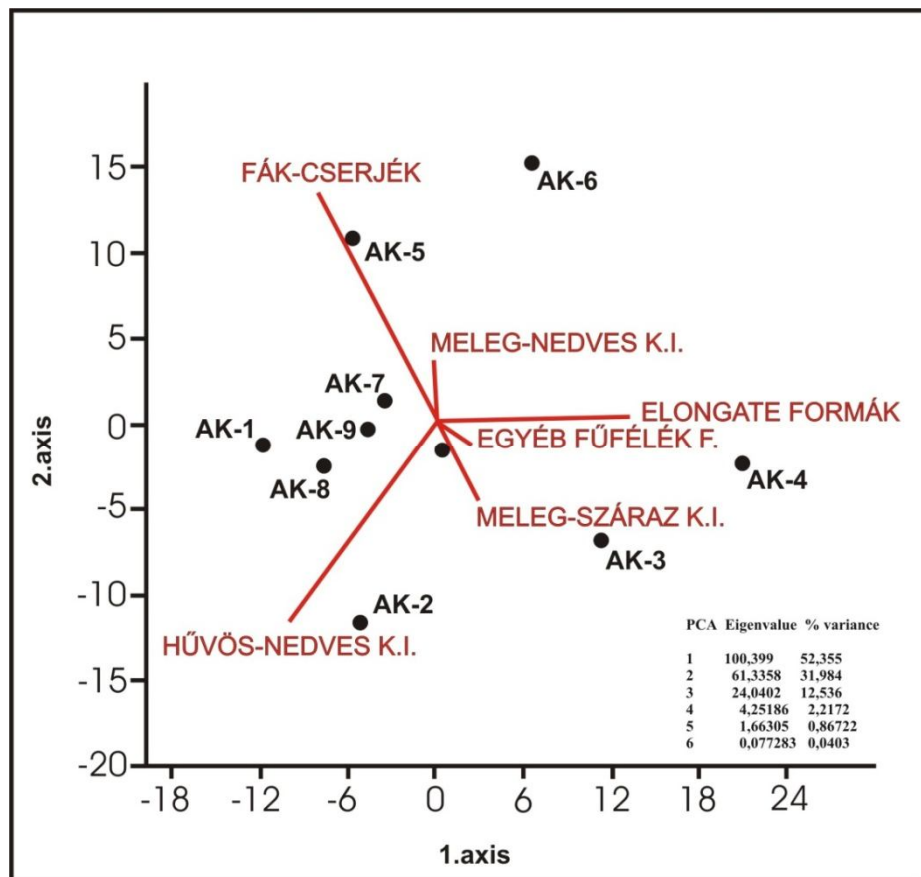
Sérült nád fitolitok a swifterbanti koprolitokból

30. melléklet



A swifterbanti sertésfogon feltárt fitolitok scanning mikroszkóp felvételen, Si-térképpel és elemspektrumokkal

31. melléklet



Az apostagi szarmata kemence mintáinak fitolitelemzése alapján készült
főkomponens elemzés